



Jukka Mannermaa

PAKKAUSKONEEN KÄYTTÖLIITTYMÄN SUUNNITTELU JA KÄYTTÖÖNOTTO

PAKKAUSKONEEN KÄYTTÖLIITTYMÄN SUUNNITTELU JA KÄYTTÖÖNOTTO

Jukka Mannermaa
Opinnäytetyö
2.5.2012
Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Automaatiotekniikan koulutusohjelma, projektointi

Tekijä(t): Jukka Mannermaa

Opinnäytetyön nimi: Pakkauskoneen käyttöliittymän suunnittelu ja toteutus

Työn ohjaaja(t): Timo Heikkinen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2012

Sivumäärä: 57

Tämän insinöörityön aiheena oli suunnitella ja toteuttaa uuden rullanpakkauslinjan käyttöliittymä. Työ piti sisällään käyttöliittymän suunnittelun kolmelle Siemensin kosketusnäyttöpaneelille sekä paneelien käyttöönoton. Käyttöliittymien toteutus tapahtui WinCC Flexible -ohjelmiston avulla. Näyttöpaneelit liitettiin Ethernet-yhteydellä pakkaamoa ohjaavaan Siemensin S7 -logiikkaan. Tavoitteena oli toteuttaa selkeä ja toimiva käyttöliittymä, jonka avulla pakkaamon käyttöhenkilöstö pystyisi suorittamaan pakkaamon toiminnan kannalta tarvittavia ohjauksia sekä asetusten muutoksia. Paneeleilta tuli saada tietoja erilaisista pakkaamon häiriötilanteista, joten paneeleilla tuli näyttää myös hälytystietoja.

Työ aloitettiin tutustumalla paperi-/kartonkirullan pakkausprosessiin ja sen eri vaiheisiin. Siemensin operointipaneelien ohjelmointiin tarkoitetun ohjelmiston WinCC Flexiblen käytön opiskelu alkoi myös heti työn alkuvaiheessa. Käyttöliittymän suunnittelu ja toteutus tapahtui tiiviissä yhteistyössä pakkaamon logiikkaohjelmoijan kanssa. Operointipaneelien käyttöönotto tapahtui toukokuussa 2011. Myös paneelien käyttöön liittyvä ohjeistus ja muu dokumentaatio viimeisteltiin käyttöönottovaiheen yhteydessä.

Lopputuloksena saatiin toimiva ja tarkoitukseen sopiva käyttöliittymäohjelmisto ja sitä myötä työlle asetetut tavoitteet saavutettiin.

Asiasanat: Pakkaamo, Käyttöliittymä, WinCC Flexible, Siemens S7, Kosketusnäyttö

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	6
2 YRITYSTEN ESITTELY	7
2.1 PLC-Plan Oy	7
2.2 Savon Sellu Oy	7
2.3 Saimatec Engineering Oy	7
3 ROBOWRAP OPTIMA SHUTTLE -RULLANPAKKAUSJÄRJESTELMÄ	8
3.1 Yleisesittely	8
3.2 Pakkauksen vaiheet	8
4 OHJELMOITAVAT LOGIIKAT	13
4.1 Historia	13
4.2 Ohjelmointi	14
4.3 Logiikkatyypit ja logiikan toimintaperiaate	15
4.4 Fyysinen rakenne	15
5 GRAAFINEN KÄYTTÖLIITTYMÄ JA KOSKETUSNÄYTTÖ	17
5.1 Graafisen käyttöliittymän yleispiirteitä	17
5.2 Graafisen käyttöliittymän historiaa	17
5.3 Kosketusnäyttöjen historiaa	18
5.4 Graafinen käyttöliittymä ja kosketusnäyttö teollisuudessa	18
6 LAITTEET JA OHJELMAT	20
6.1 SIMATIC S7	20
6.2 Pakkaamon logiikka	21
6.3 STEP 7	22
6.4 Pakkaamon operointipaneeli ja hälytysnäytöt	25
6.5 SIMATIC WinCC Flexible	28
7 NÄYTTÖJEN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS	31
7.1 Sivupohjan suunnittelu	31
7.2 Layout-sivu	32
7.3 Laitenäkymät	36
7.4 Sanomaliikenne	38
7.5 Diagnostiikka- ja asetussivut	40
7.6 Yleistä huomioitavaa näyttöjen suunnittelusta	42

8 PANEELIEN LOGIIKKALIITYNTÄ.....	43
9 LOGIIKKAOHJELMOINTI	46
10 KÄYTTÖÖNOTTO.....	49
11 POHDINTA	52
LÄHTEET	54

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käsitellään kartonkirullien pakkauslinjan käyttöliittymän suunnittelua ja toteutusta Siemensin operointipaneeleille. Käyttöliittymä suunnitellaan kolmeen kosketusnäyttöpaneeliin, joiden kautta operoidaan ja valvotaan logiikkaa, joka edelleen ohjaa ja kerää tietoa pakkauslinjan eri laitteilta.

Työn tilaajana toimii oululainen insinööritoimisto PLC-Plan Oy. Operointipaneelien loppusijoituspaikka on PowerFlute Oy:n tytäryhtiön Savon Sellu Oy:n kartonkitehtaalla, jonne Saimatec Engineering Oy toimittaa uuden automaattisen rullanpakkauslinjan. Kuopion Sorsasalossa sijaitsevalla Savon Sellun kartonkitehtaalla tuotetaan pakkausmateriaaleissa käytettävää aallostuskartonkia.

Työn tavoitteena on suunnitella ja toteuttaa käyttöliittymä ohjauksessa ja valvonnassa käytettävään Siemensin kosketusnäyttöpaneeliin. Lisäksi työssä suunnitellaan ja toteutetaan käyttöliittymä myös kahteen pakkaamon logiikkaan liitettävään hälytysnäyttöön. Koska logiikkaohjelman ymmärtäminen on välttämätöntä operointipaneelin toimintoja suunniteltaessa, käydään tässä työssä myös läpi Siemensin S7-logiikkaohjelmointia.

2 YRITYSTEN ESITTELY

2.1 PLC-Plan Oy

PLC-Plan Oy on oululainen insinööritoimisto ja yksi viidestä PLC Yhtiöstä. Yrityksessä työskentelee noin 20 henkilöä. PLC Plan Oy:n erikoisaluetta on prosessiteollisuuden projektitoiminta ja se tarjoaa mm. suunnittelupalveluita, sovellusohjelmointia, käyttöönottopalveluita, asennuspalveluita sekä käynnissäpitopalveluita. Yrityksen projektitoiminta kohdentuu pääasiassa paperi- ja metalliteollisuuteen. (1.)

2.2 Savon Sellu Oy

Savon Sellu Oy on Kuopiossa kartonkia valmistava yritys, joka on irlantilaisen Dermot Smurfitin hallinnoiman Powerflute Ltd:n tytäryritys. Smurfitin kokoama sijoittajaryhmä osti Savon Sellun M-realilta vuoden 2005 alussa. Savon Sellu aloitti toimintansa vuonna 1968. (2;3.)

Kuopiossa Sorsasalonsa tehtaalalla valmistetaan koivusta selluloosaa, joka jalostetaan edelleen pakkausmateriaalina käytettäväksi aallotuskartongiksi. Kartonkikoneen kapasiteetti on 275 000 tonnia vuodessa. Suurin osa tuotetusta kartongista menee vientiin Länsi- ja Etelä-Eurooppaan. (4.)

2.3 Saimatec Engineering Oy

Saimatec Engineering Oy on vuonna 1981 perustettu yritys, joka on keskittynyt kehittämään ja toimittamaan paperirullien pakkaus- ja kuljetinjärjestelmiä. Yritys toimii Savonlinnassa samoissa tiloissa sisaryrityksensä Ässätekniikan kanssa. Saimatec Engineering Oy on toimittanut paperirullien pakkausjärjestelmiä Euroopan lisäksi myös Aasiaan, Afrikkaan, Pohjois- ja Etelä-Amerikkaan sekä Australiaan. (5.)

3 ROBOWRAP OPTIMA SHUTTLE - RULLANPAKKAUSJÄRJESTELMÄ

3.1 Yleisesittely

RoboWrap Optima Shuttle on automaattinen rullanpakkauslinjasto. Saimatec Engineering toimitti linjaston Savon Sellulle ja sillä korvattiin tehtaan vanha puoliautomaattinen pakkauslinja. Savon Sellu on ensimmäinen tehdas, jonne Saimatec toimitti Shuttle-pakkauslinjan. (6.)

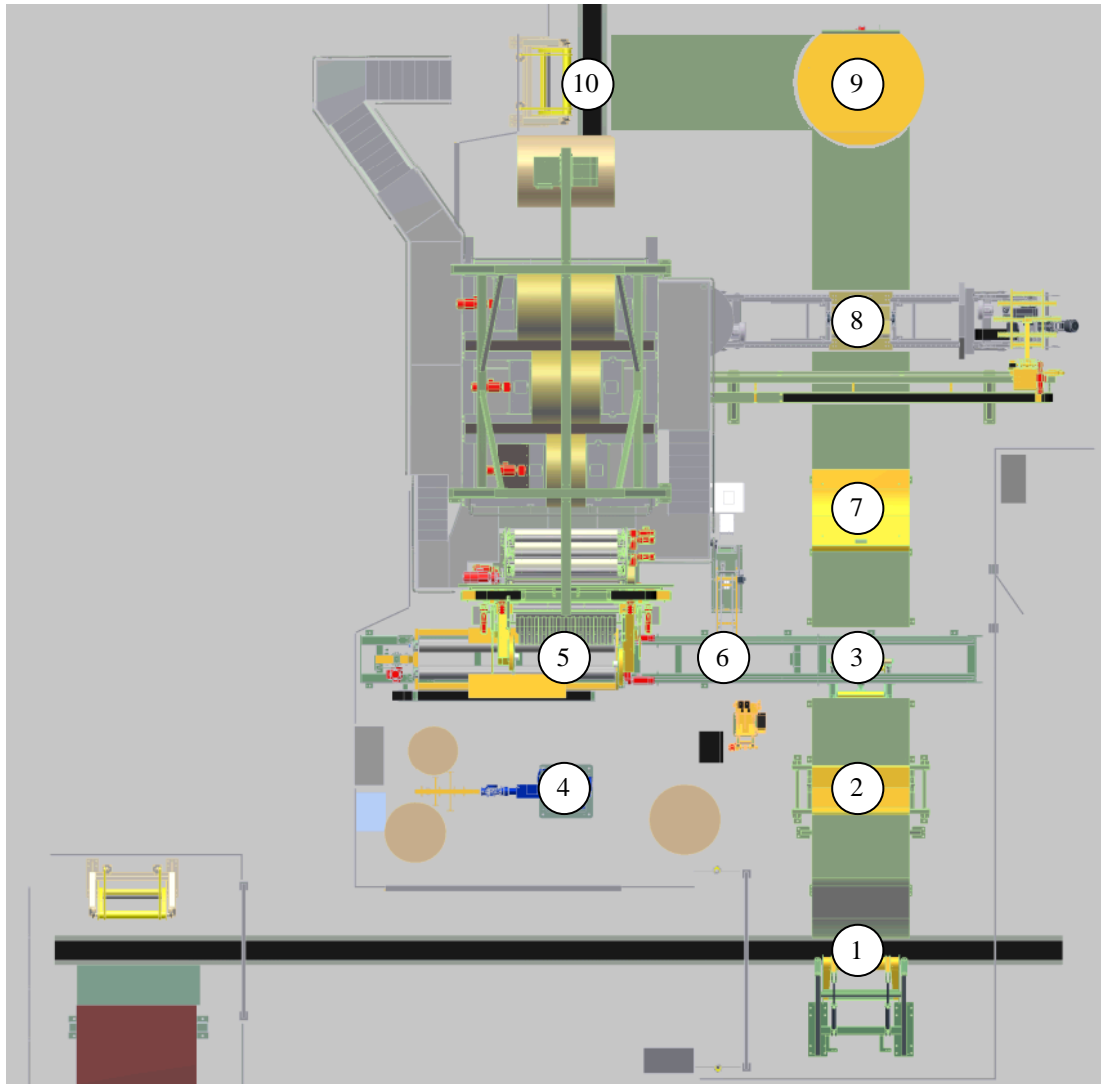
Shuttle-konseptin erikoisuutena on liikkuva käärintäasema, joka mahdollistaa pakkaamon sijoittamisen pieneen tilaan. Konseptin ideana on, että pakattava rulla siirretään vaunulla kuljetinlinjalta sivuun pakattavaksi, minkä jälkeen se palautetaan takaisin kuljetinlinjalle. Tämän ominaisuuden ansiosta pakkaamo on helppo ja nopea sijoittaa esimerkiksi vanhan olemassa olevan kuljetinjärjestelmän rinnalle. (6.)

Tuotenimen Optima-sanalla viitataan Saimatec Engineering Oy:n patentoimaan käärintämenetelmään, jossa rulla voidaan kääriä limikäärintänä. Limikäärinnässä rulla käärittään rullan leveyttä kapeammalla kääreellä useamman kerran siten, että käärintäkierrokset tulevat hieman limittäin. Limikäärinnän etu verrattuna perinteiseen (Saimatecin ”Classic”) käärintään, jossa jokaista rullaleveyttä varten on oltava oma käärerulla, on se, että käärerullien määrä voidaan pitää pienenä ja näin myös tilantarve vähenee. (7.)

3.2 Pakkauksen vaiheet

Pakattava rulla liikkuu pakkauslinjan läpi vaiheittain. Vaiheet voidaan jakaa karkeasti viiteen osaan: mittaus, tunnistus, käärintä, merkintä ja päätypuristus. Rullan pakkaus voidaan jakaa vaiheisiin myös sen mukaan, kuinka rulla pakkaamossa liikkuu ja mitä toimenpiteitä sille tehdään. Seuraavaksi käy-

dään läpi rullan pakkaus siten, kuin se Savon Sellulla toteutettiin. Kuvaan 1 on merkitty numeroin pakkauksen eri vaiheet.



KUVA 1. Pakkauslinja (Saimatec Engineering Oy)

Rulla siirretään pakkaamoon hihnakuojettimella, joka keskittää rullan vierintätason keskelle. Keskitysvaiheessa mitataan rullan halkaisija laserin avulla. Kun rulla on keskitetty, työnin (1) siirtää rullan vierintätasolle. Työnin aikana linjaston sivuun kiinnitetyt viivakoodinlukijat lukevat rullan päätyyn merkityn rullatunnuksen.

Seuraavaksi rulla vierii vaa'alle (2), johon rulla pysäytetään kehtopysäyttimellä. Samanaikaisesti, kun rulla punnitaan, mitataan sen leveys laser-

mittauksella. Kun rullan paino, mitat ja rullatunnus ovat tiedossa, lähetetään ne tehdastietojärjestelmään, jossa rullan mittoja verrataan rullatunnuksella tilatun rullan tietoihin. Rulla merkitään joko hylättäväksi tai pakattavaksi sen mukaan, täsmäävätkö rullan mitat määrättyihin mittoihin. Lisäksi tehdastietojärjestelmältä saadaan pakkaus- ja merkintäohjeet.

Kun rullalle on saatu pakkausohjeet, päästää kehtopysäytin rullan vierimään vastaanottimelle (3), joka laskee rullan pyöritystelaston päälle. Pyöritystelasto on osa vaunua, jolla rulla siirretään kiskoja pitkin linjalta sivuun pakattavaksi ja merkattavaksi. Rulla lepää vaunussa telojen päällä, joilla rullaa voidaan käärittäessä ja merkittäessä pyörittää. Jatkossa käytetään nimitystä pyöritystelasto tarkoittamaan vaunun ja telojen muodostamaa kokonaisuutta. Kuvas-
sa 1 pyöritystelasto on käärintäaseman kohdalla.

Pyöritystelastolla rulla siirretään käärintäasemalle (5) käärittäväksi. Sisälappurobotti (4) poimii päätylaput rullatietojen perusteella. Riippuen käärintätavasta (normaali käärintä vai limikäärintä) käärintäseuraavien vaiheiden poikkeavat toisistaan.

Normaalikäärintäessä pyöritystelasto keskittää rullan siten, että rulla on linjassa käärintäaseman keskilinjan kanssa. Päätylapunpitimet laskeutuvat ja sisälappurobotti asettaa päätylapun rullan kumpaankin pätyyn. Tämän jälkeen pyöritystelasto alkaa pyörittää rullaa samalla, kun kääreensäyttönipit syöttävät käärettä valitulla aukirullapukilla olevalta käärerullalta. Käärerulla valitaan rullatietojen perusteella. Kun kääreen pää saavuttaa käärintäasemalla olevat liimapistoolit, avataan pistoolien venttiilit hetkeksi, jotta kääreen pää liimautuu rullan pintaan. Käärettä pyöritetään rullan ympärille tehdasjärjestelmästä saadun käärekierto määrän mukaisesti. Samaan aikaan kun käärettä aletaan kääriä rullan ympärille, käärintäasemalla olevat taittolaitteet viikkaavat rullan päiden ylittävän osan kääreestä siten, että kääre taittuu vasten rullan päätyä ja sisälappu jää rullan päädyn ja taitetun kääreen väliin. Kun käärettä on kierretty tarvittava kierrosmäärä rullan ympärille, kääre katkaistaan. Juuri ennen katkaisuhetkeä liimapistoolien venttiilit taas aukaistaan ja kääreen loppuosaan ruiskutetaan niin sanottu häntäliimaus.

Limikäärinnässä rulla paikoitetaan ensimmäisen käärinnän ajaksi käärease-
man keskilinan oikealle puolelle. Vasen päätylapunpidin laskeutuu alas ja si-
sälappurobotti asettaa päätylapun vasempaan pätyyn. Pyöritystelasto alkaa
pyörittää rullaa, ja vasen taittolaitte viikkaa rullan vasemman reunan ylittävän
kääreen osan. Kun rullan vasen pää on kääritty, paikoitetaan rulla siten, että
toinen käärintä menee osin limittäin ensimmäisen käärinnän kanssa. Oikean
puoleinen päätylapunpidin laskeutuu ja sisälappurobotti asettaa sisälapun rul-
lan pätyyn. Käärintä jatkuu kuten ensimmäisellä käärintäkerralla, mutta nyt
oikean taittolaitteen viikatessa. Rulla on mahdollista kääriä myös kolmella
kääreellä, jolloin keskimmäisen käärinnän aikana kumpikaan taittolaitteista ei
viikkaa.

Kun rulla on kääritty, pyöritystelasto siirtää sen merkintäasemalle (6). Teh-
dastietojärjestelmään lähetetään merkintäpyyntö, johon tehdastietojärjestel-
mä vastaa lähettämällä tarvittavat merkintätiedot etikettitulostimelle ja mus-
temerkkaimelle. Etikettitulostin tulostaa ensin yhden etiketin. Etiketti
siirretään etikettitarttujalla etiketöintihihnalle, joka ajaa etiketin hihnan pää-
tyyn, lähelle rullaa. Tämän jälkeen tulostuu toinen etiketti, jonka etikettitarttuja
siirtää etikettihihnalle ensimmäisen etiketin perään. Mustemerkkaimen pää
ajetaan lähelle rullaa ja pyöritystelasto alkaa pyörittää rullaa. Etikettihihna kul-
jettaa etiketit kastelulaitteen läpi pyöritystelastolle, jossa ne kulkeutuvat rullan
ja telojen välisen nipin kautta tarttuen rullan pintaan. Samalla kun etiketit syö-
tetään rullalle, mustemerkkain merkitsee tehdasjärjestelmän lähettämät mer-
kit ja tekstit rullan vaipalle.

Rullan merkitsemisen jälkeen siirretään rulla pyöritystelastolla takaisin vierin-
tätason kohdalle. Työnnin työntää rullan pois pyöritystelaston päältä, josta se
vierii laskukouruun (7). Laskukouru laskee rullan vierimään kohti päätypuris-
tinta (8).

Kun päätypuristimen kehtopysäyttimellä olevat kytkimet aktivoituvat, kallistuu
kehtopysäytin siten, että rulla jää kehtoon puristimelle. Ulkolappumanipulaat-
tori noutaa ulkopäätylaput kummankin kuumennetun puristinlevyn päälle. Kun
laput ovat puristinlevyjen päällä, kytketään alipainepumppu päälle ja laput

imeytyvät vasten puristinlevyjä siten, että kun levyt kallistetaan pystyasentoon, ne eivät putoa. Puristin puristaa laput vasten rullan päätyjä, ja koska levyt ovat kuumat (n. 180 °C), päätylapuissa oleva liima sulaa ja laput tarttuvat rullan päätyihin. Kun puristus on valmis, puristuslevyt siirtyvät syrjään ja kääntyvät jälleen vaaka-asentoon odottamaan uusia päätylappuja. Samalla puristimen kehtopysäytin vapauttaa rullan, ja rulla vierii kääntöpöydälle (9).

Rulla pysäytetään ja asemoidaan kääntöpöydälle painekuljettimen avulla. Kun kääntöpöytä on kääntynyt poistoasentoon, painekuljetin siirtää rullan pois kääntöpöydän päältä vierintätasolle. Vierintätasolta rulla vierii vastaanottimelle (10), joka laskee rullan varastoon vievälle hihnakuljettimelle. Hihnakuljettimella rulla kuljetetaan varastoon odottamaan toimitusta tilaajalle.

4 OHJELMOITAVAT LOGIIKAT

4.1 Historia

Ohjelmoitavien logiikoiden historia alkaa 1960-luvun loppupuolelta, jolloin esiteltiin ensimmäinen ohjelmoitava logiikka. Aloite ohjelmoitavan logiikkaohjauksen kehittämiseksi tuli amerikkalaiselta autonvalmistajalta General Motorsilta. Tavoitteena oli korvata monimutkaiset ja vaikeasti uudelleenohjelmoitavat releohjausjärjestelmät. (8; 9.)

General Motors esitteli ohjauslaitteelle seuraavanlaiset vaatimukset:

- Laitteen tuli olla ohjelmoitava ja uudelleenohjelmoitava.
- Se tuli suunnitella toimimaan teollisuusympäristössä.
- Sen tuli kestää 120 VAC signaaleita tavallisilta painonapeilta ja rajakytkimiltä.
- Sen lähtöjen tuli kyetä sähkömoottorien ja releiden jatkuvaan ohjaukseen.
- Hinnan tuli olla kilpailukykyinen vastaavanlaisen kiinteästi johdotetun releohjausjärjestelmän kanssa. (10, s. 241.)

Vaatimusten pohjalta Bedford Associates esitteli mallinimeä 084 kantavan logiikan, jota voidaan pitää ensimmäisenä ohjelmoitavana logiikkana. Bedford Associates perusti uuden yrityksen, joka alkoi myydä ja edelleen kehittää tätä patentoimaansa uutta tuotetta. Yritys sai nimen Modicon, joka on lyhenne sanoista Modular Digital Controller. Aluksi laitteista käytettiin lyhennettä PC (Programmable Controller), mutta tästä lyhenteestä luovuttiin, kun IBM alkoi käyttää samaa lyhennettä tietokoneista (Personal Computer). PC-lyhenne korvattiin lyhenteellä PLC (Programmable Logic Controller). (11;12;13.)

4.2 Ohjelmointi

Logiikoita suunniteltaessa oli ajatuksena, että logiikan ohjelmointi olisi yksinkertaista ja että tietokoneen ohjelmointitaitoa ei tarvittaisi. Ohjelmointityön tekisivät samat henkilöt, jotka aiemmin olivat suunnitelleet ja toteuttaneet ohjausjärjestelmiä releillä. Myös huoltohenkilökunnan tuli pystyä tekemään ohjelmamuutoksia ilman pitkiä koulutusjaksoja. Jotta tähän päästiin, täytyi ohjausjärjestelmään sisällyttää ohjelmointilaitte, jolla järjestelmän toimintaa voitiin seurata ja jolla voitiin toteuttaa ohjelmamuutoksia. (14, s. 221.)

Aluksi logiikoiden ohjelmointi tapahtui erityisesti tietyn logiikan ohjelmointiin tarkoitetulla laitteella tai ohjelmointipaneelilla. Nykyään ohjelmointi suoritetaan lähes poikkeuksetta tavalliselle PC:lle asennettavalla ohjelmistolla. Tyypillisesti jokaisella logiikkavalmistajalla on omat ohjelmointiohjelmansa. Yleisesti liityntä PC:n ja logiikan välille muodostetaan sarjaliikennekaapelilla (RS-485, RS-232 tai RS-422) tai Ethernet-kaapelilla. (15.)

Ensimmäisten logiikoiden ohjelmointikieli pyrki jäljittelemään relelogiikan kytkentäkaavioita. Tällä pyrittiin helpottamaan teknikoiden ja muiden huoltohenkilöiden ohjelmointi- ja muutostöitä. Tämä niin sanottu tikapuukaavio on vielä tänäkin päivänä hyvin suosittu ohjelmointikieli logiikkaohjelmaa tehtäessä. (15.)

Avoin IEC-standardi 61131-3 määrittelee viisi ohjelmointikieltä: Ladder diagram (LD), Function block diagram (FBD), Sequential function chart (SFC) Structured text (ST) ja Instruction list (IL). Näistä kolme ensimmäistä ovat graafisia ohjelmointikieliä ja kaksi viimeistä tekstipohjaisia. Kun ohjelma on kirjoitettu ohjelmaeditorilla käyttäen jotain edellä mainituista ohjelmointikielistä, se käännetään konekielelle ja siirretään logiikan ohjelmamuistiin. (16; 14, s. 223.)

Logiikkaohjelma muodostuu pääasiassa loogisista operaatioista, kuten AND- ja OR-toiminnoista, sekä erilaisista ajastin-, muisti- ja laskuritoiminnoista. Komennot ovat standardoimattomia, joten eri valmistajien logiikkakielet eroa-

vat toisistaan. Pääsääntönä voidaan kuitenkin pitää sitä, että jos hallitsee yhden valmistajan logiikkaohjelmoinnin, myös toisen oppiminen on varsin helppoa. (14, s.223.)

4.3 Logiikkatyypit ja logiikan toimintaperiaate

Logiikat voidaan jakaa kahteen ryhmään sen mukaan, kuinka ohjelma niissä suoritetaan. Vapaasti ohjelmoitavan logiikan ohjelma voidaan vapaasti kirjoittaa haluttuun järjestykseen, kun taas askeltavat logiikat ovat sekvenssityypisiin ohjauksiin erikoistettuja laitteita, joissa ohjelmaa suoritetaan askelittain - lineaarisesti. (10, s. 243.)

Logiikat on mahdollista jakaa myös kytkentätekniikan perusteella PNP- tai NPN-tyyppisiksi. Euroopassa käytetään yleisesti positiivisesti kytkeytyviä logiikoita (PNP), kun taas Yhdysvalloissa ja Japanissa negatiivisesti kytkeytyvät (NPN) logiikat ovat yleisempiä. Ero näkyy logiikan tuloja kytkettäessä, sillä virran kulkusuunta on tyypistä riippuen päinvastainen. (10, s. 243.)

Ohjelmoitavan logiikan perustoiminta on varsin yksinkertainen ja se voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen. Ensimmäisenä luetaan logiikan kaikkien tulojen tilat ja tallennetaan ne keskusyksikön I/O-muistiin. Tämän jälkeen ohjelma-muistiin tallennettu ohjelma suoritetaan rivi riviltä. Lopuksi lähdöt asetetaan ohjelman tuloksen mukaisiin tiloihin. Tällaista kolmen vaiheen sarjaa sanotaan ohjelmakierroksi. Ohjelmakierron ajallinen pituus riippuu suoritettavan ohjelman pituudesta sekä logiikan prosessointinopeudesta. Tyypillisesti nykyaikaisilla logiikoilla ohjelmakierron aika on millisekuntiluokkaa. (10, s. 244.)

4.4 Fyysinen rakenne

Logiikkajärjestelmä koostuu tyypillisesti keskusyksiköstä, tulo- ja lähtöpiireistä sekä tehonsyöttöyksiköstä. Toteutustavasta riippuen eri yksiköt voivat olla erillisiä moduuleita tai integroitu yhdeksi kokonaisuudeksi. Tavallisesti suuret logiikkajärjestelmät on toteutettu modulaarisesti siten, että keskusyksikkö, tulo- ja lähtöpiirit sekä teholähde ovat omina moduuleinaan. (10 s. 245–248)

Väyläkehityksen myötä on nykyisin tavallista, että osa tulo- ja lähtömoduuleista on sijoitettu lähelle toimilaitteita etäälle keskusyksiköstä ja yhdistetty väyläkaapelilla itse keskusyksikköön. Tällöin puhutaan hajautetusta I/O:sta. Eri valmistajat ja toimijat ovat tuoneet markkinoille omia kilpailevia väyläratkaisujaan. Tunnetuin ja käytetyin väyläprotokolla Euroopassa lienee Profibus. Muita tunnettuja ovat muun muassa Foundation Fieldbus, HART ja AS-i. (14 s. 214)

5 GRAAFINEN KÄYTTÖLIITTYMÄ JA KOSKETUS-NÄYTTÖ

5.1 Graafisen käyttöliittymän yleispiirteitä

Yhden määritelmän mukaan käyttöliittymällä tarkoitetaan ohjelmaa tai laitteen osaa, jonka kautta käyttäjä voi seurata ja ohjata laitetta tai ohjelmaa. Määritelmä on varsin laaja ja määrittää käyttöliittymäksi käyttäjän koko työskentelyympäristön laitteineen ja ohjelmineen. Käyttöliittymä voi siis pitää sisällään mm. painikkeita, kytkimiä, mittareita, näyttöjä ja merkkilamppuja. (17.)

Graafinen käyttöliittymä (Graphical User Interface, GUI) tietokoneiden yhteydessä merkitsee yleensä käyttöliittymää, jossa käyttäjä kommunikoi laitteen tai ohjelman kanssa käyttäen erilaisia graafisia elementtejä, kuten kuvakkeita, ikkunoita ja valikkoja. Tyypillisesti näyttöelementtejä käytetään osoitinlaitteella, kuten hiirellä, tai kosketusnäyttöjen tapauksessa kosketuksella. Graafisen käyttöliittymän etuna verrattuna tekstipohjaiseen komentoliittymään (Command Line Interface, CLI) voidaan pitää helppokäyttöisyyttä. Etenkin uuden käyttäjän on helpompi alkaa käyttää graafista käyttöliittymää, koska komentoja ei tarvitse muistaa ulkoa, vaan käyttö onnistuu usein intuitiivisesti. (17, 18.)

5.2 Graafisen käyttöliittymän historiaa

Graafisia kuvakkeita ja osoitinlaitetta hyödyntävän käyttöliittymän historian voidaan ajatella alkaneen noin 60 vuotta sitten. 1950-luvulla kanadalainen insinööri kehitti työryhmänsä kanssa tutkalaitteen, jonka näytöltä voitiin valita kohteita osoitinlaitteen avulla. Osoitinlaite oli toimintaperiaatteeltaan vastaavanlainen, kuin pallohiiret, joissa X- ja Y-akselien suuntaisia rattaita pyöritetään samanaikaisesti pallon avulla. (19.)

Ensimmäinen tietokone, jossa käytettiin graafista käyttöliittymää, oli Xerox PARC:n vuonna 1973 kehittämä Alto-tietokone. Altossa syöttölaitteena oli nykyaikaisten tietokoneiden tapaan jo hiiri ja näppäimistö. Vuonna 1984 julkaistu Macintosh oli ensimmäinen kaupallisesti menestynyt graafista käyttöliittymää käyttänyt tietokone. 1980-luvun puolen välin jälkeen tietokoneiden ja tätä myötä myös erilaisten graafisten käyttöliittymien kehitys on ollut nopeaa. (20.)

5.3 Kosketusnäyttöjen historiaa

Sam Hurst ja Elographics kehittivät ensimmäisen läpinäkyvän pinnan omaavan kosketusnäytön vuonna 1974. Kolme vuotta myöhemmin vuonna 1977 julkaistiin resistiivisellä tekniikalla toteutettu kosketusnäyttö, jonka Hurst ja Elographics myös patentoivat. Resistiivinen kosketusnäyttötekniikka on laajimmin käytössä oleva kosketusnäyttötekniikka. (21.)

1980-luvulla Hewlett-Packard julkaisi HP-150-kotitietokoneen, joka oli ensimmäinen tietokone, jossa käytettiin kosketusnäyttötekniikka. HP-150-tietokoneessa käytettiin monitorin edessä kulkevia infrapunasäteitä havaitsemaan sormen liikkeitä. 1990-luvulla kosketusnäytöt tulivat kämmentietokoneisiin ja IBM julkaisi ensimmäisen kosketusnäyttöpuhelimien, Simonin. Laajemmin kosketusnäytöt tulivat puhelimiin kuitenkin vasta 2000-luvun loppupuolella, kun Apple julkaisi ensimmäisen iPhone-kosketusnäyttöpuhelimensa vuonna 2007. (22.)

Nykypäivänä kosketusnäyttöjä käytetään hyvin laajasti monenlaisissa soveluksissa, kuten näytöissä, taulutietokoneissa, GPS-laitteissa, älypuhelimissa sekä teollisuuden ohjauspaneelissa. (23.)

5.4 Graafinen käyttöliittymä ja kosketusnäyttö teollisuudessa

Teollisuuskäytössä kosketusnäytöt ovat korvanneet monia perinteisin ohjausratkaisuin toteutettuja ohjaussovelluksia. Kosketusnäyttötekniikka tarjoaa uusia mahdollisuuksia etenkin tuotannon visualisoinnissa. (24.)

Teollisuuskäytössä korkean resoluution kosketusnäyttöpaneeleilla saavutetaan merkittäviä etuja verrattuna perinteisiin merkkilampuilla, painonapeilla ja kytkimillä toteutettuihin ohjaus- ja valvontaratkaisuihin. Värinäyttötekniikka mahdollistaa prosessin uudenlaisen visualisoinnin, jolloin käyttäjälle voidaan tarjota helppolukuista ja havainnollista informaatiota. Operointipaneeli voi sisältää useita erilaisia ja myös prosessin tilan mukaan muuttuvia näkymiä, jolloin käyttäjälle voidaan näyttää vain tietyllä hetkellä tarvittavat tiedot ja ohjauspainikkeet. Näytölle voidaan tuoda erilaisia mittaustuloksia sekä kosketusnäytön myötä myös painonappeja, jolloin säästetään myös usein arvokasta tilaa. Kun painikkeet ja mittarit voidaan esittää näytöllä, johdotuksen määrä vähenee ja fyysisen I/O:n määrää voidaan vähentää. Muutosten tekeminen on kosketusnäyttötekniikassa helppoa, koska näyttöjä voidaan aina uudelleen muokata ja tarvittaessa uusia näkymiä ja painikkeita lisätä tai poistaa. Koteloinnin ja suljetun rakenteen vuoksi kosketusnäytöt ovat myös kestävä ratkaisu teollisuusympäristöön. (24;25;26;27.)

Kaikkiin sovelluksiin ja etenkin kaikkiin ohjauksiin kosketusnäytöt eivät kuitenkaan ole soveltuvia. Koska näytöllä olevia painikkeita ei voi perinteisten ohjauskytkimien tapaan tuntea, vaatii painikkeiden painaminen lähes jatkuvaa näytön seuraamista, joka ei monissa ohjauskohteissa ole mahdollista tai turvallista. Näyttöjen kosketusherkkyden vuoksi myös virhepainallusten mahdollisuus on suurempi kuin perinteisillä ohjuspainikkeilla. Suuri osa tällä hetkellä teollisuuskäyttöön tarkoitetuista kosketusnäytöistä ei myöskään tue monikosketusta, mikä omalta osaltaan rajoittaa näiden näyttöjen käyttömahdollisuuksia ohjaustarkoituksiin. (25;27.)

6 LAITTEET JA OHJELMAT

6.1 SIMATIC S7

Siemensin Simatic S7 -logiikat julkaistiin vuonna 1995 korvaamaan vuonna 1979 julkaistun Simatic S5 -sarjan (28). Simatic S7 -logiikat on jaettu neljään tuoteperheeseen eri käyttökohteiden mukaan:

- S7-200-sarjan logiikoista Siemens käyttää myös nimitystä Micro PLC. Sarjan logiikat soveltuvat pienten kohteiden ohjaukseen ja niillä voidaan korvata pieniä rele-ohjauksia. (29.)
- S7-1200 -sarja soveltuu pääasiassa pienten ja keskisuurten yksittäisten laitteiden ohjauksen toteutukseen. Myös S7-1200-sarjan logiikat ovat niin sanottuja mikrologiikoita. 1200-sarja on myös Siemensin uusin logiikkasarja ja sisältää monilta osin uusinta tekniikkaa: esimerkiksi ohjelmakommentit tallennetaan myös logiikan muistiin (Matti Kleemola, TIA-portaali -info). (30.)
- S7-300-sarja on Siemensin suosituin logiikkasarja, ja se soveltuu erityisesti kappaletavara-automaation tarpeisiin. S7-300 sarjaa käytetään muun muassa suurissa koneohjauksissa sekä osaprosessien ohjauksissa. (30.)
- S7-400-sarjan logiikat ovat S7-malliston huipulla, ja ne soveltuvat laajoihin ja vaativiin tehdastason ohjausjärjestelmien toteutukseen. 400-sarjaan kuuluu myös erityisiä S7-400H-logiikoita, joissa on kaksi identtistä keskusyksikköä. 400H-sarja soveltuu erityisen häiriöherkkien prosessien ohjaukseen, jolloin toisen keskusyksikön pettäessä toinen yksikkö jatkaa ohjausta. (30.)

Kaikki S7-sarjan logiikat ovat rakenteeltaan modulaarisia, eli järjestelmiä on mahdollista laajentaa erilaisten lisäkorttien avulla. S7-200- ja S7-1200-sarjojen logiikoissa samaan yksikköön on integroitu virtalähde, keskusyksikkö sekä tulo- ja lähtöyksikkö. Laajennus tapahtuu erillisillä lisäkorteilla. S7-300-sarjaan kuuluu valmiita integroituja kokonaisuuksia sekä modulaarisia

ratkaisuja. S7-400-sarja on puolestaan täysin modulaarinen, jolloin virtalähde, keskusyksikkö, tulo- ja lähtökortit sekä erilaiset erikoiskortit ovat fyysisesti omia yksiköitään, jotka yhdistetään toisiinsa kehikon tai kenttäväylän avulla.

6.2 Pakkaamon logiikka

Savon Sellulla uuden pakkaamon ohjaus toteutettiin Siemensin S7 300F-sarjan logiikalla 319F-3 PN/DP. Mallinimessä oleva F-kirjain kertoo, että kyseessä on turvalogiikka. Logiikassa voidaan suorittaa samanaikaisesti normaalia logiikkaohjelmaa sekä turvaohjelmaa. Kuvassa 2 on Siemensin S7 300F -sarjan turvalogiikka. Keltainen väri etupaneelissa ilmaisee, että kyseessä on turvalogiikka.



KUVA 2. Siemens S7-300 CPU319F-3 PN/DP -keskusyksikkö (Siemens AG)

Turvalogiikka sisältää perinteiseen logiikkaan verrattuna erilaisia turvadiagnostiikkatoimintoja, jotka jatkuvasti tarkastelevat järjestelmän tilaa mahdollisten häiriöiden varalta. Esimerkiksi tulo- ja lähtöpiirejä voidaan tarkkailla jatkuvasti ja huomata mahdolliset kytkentävirheet tai oikosulkutilanteet. (31, s. 18.)

Logiikan välittömään läheisyyteen sijoitettujen IO-yksiköiden lisäksi pakkaamon ohjauksessa käytettiin hyväksi hajautettua IO:ta. Logiikkaan liitettiin Profibus-väylän avulla yhteensä seitsemän Simatic ET200 -hajautusasemaa. Hajautusasemien käytöllä kaapelointia voitiin merkittävästi vähentää, koska yksittäiset laitteet tarvitsi johdottaa vain lähimmälle hajautusasemalle. Pakkaamon yhteenlaskettu IO-määrä on noin 600 kpl.

Logiikkaan liitettiin myös Siemens Sinaut GSM -modeemi. Modeemin avulla voidaan lähettää hälytyksiä sekä muita huomiota vaativia tietoja matkapuhelimiin. Matkapuhelimeen saapuvat hälytykset vapauttavat operaattorit muihin tehtäviin, eikä pakkaamon jatkuvaa paikallisvalvontaa tarvita.

6.3 STEP 7

STEP 7 on SIMATIC-ohjainten ohjelmointiin ja konfigurointiin kehitetty ohjelmisto. Siemensin ohjelmoitavien logiikoiden lisäksi ohjelmaa voidaan käyttää mm. Siemensin PC-pohjaisten automaatiojärjestelmien ohjelmoimiseen. STEP 7 on yhteensopiva IEC-standardin 61131-3 kanssa. (32, s. 2)

STEP 7 koostuu useasta eri työkaluohjelmasta, joita hallitaan SIMATIC Manager nimisellä sovelluksella. STEP 7 -ohjelmistolla voidaan muun muassa suorittaa laitteiston kokoonpanon määrittely (HW Config), logiikan varsinainen ohjelmointi ja ohjelman lataus logiikkaan, yhteysasetuksien määrittäminen sekä turvaohjelman luonti ja lataus (turvalogiikat). Lisäksi on työkalu järjestelmän diagnosointiin ja tarkkailuun. (32, s. 8)

Seuraavassa on esitelty joitain STEP 7 -ohjelmistosta löytyviä työkaluja hieman tarkemmin:

- Hardware configuration (HW Config) – eli laitteiston konfigurointi – työkalulla voidaan määrittellä laitteistokokoonpano. Logiikan tyyppimäärittelyt sekä erilaisten I/O- ja erikoiskorttien parametroida tapahtuvat HW Config -työkalun avulla. Myös erilaisten väylään liitettävien

laitteiden kuten taajuusmuuntajien, mittalaitteiden ja HMI-laitteiden määrittely suoritetaan HW Config -työkalulla. (32, s. 9)

- Program editor – eli ohjelmaeditori – työkalulla suoritetaan varsinainen logiikkaohjelmointi. STEP 7 -ohjelman Standard-versio sisältää mahdollisuuden ohjelman luomiseen käyttäen LAD, FBD tai STL -ohjelmointikieltä. Professional-versiossa on lisäksi mahdollisuus S7-SCL- sekä S7-GRAPH-editorien käyttöön. (32, s. 11–12.)
- NetPro on työkalu, jolla voidaan määrittää MPI-, Profibus- ja Profinet-yhteydet. Työkalulla voidaan määrittää linkit eri asemien välille (esimerkiksi logiikka - hajautus) graafisen näkymän avulla. (32, s. 13.)
- Diagnostiikkatyökalujen avulla saadaan yleiskäsitys automaatiojärjestelmän tilasta. Logiikasta ja mahdollisista Profibus- tai Profinet-väyliin kytketyistä laitteista tulevat vikatiedot saadaan näkyviin tämän työkalun avulla. (32, s. 13.)

Logiikan keskusyksikkö suorittaa pääsääntöisesti kahta eri ohjelmaa: käyttöjärjestelmää sekä käyttäjän luomaa ohjelmaa. Logiikan käyttöjärjestelmä on ohjelma, johon käyttäjä ei juurikaan pääse vaikuttamaan (lukuun ottamatta joitakin parametreja). Käyttöjärjestelmän tehtäviin sisältyy esimerkiksi erilaiset käynnistykseen liittyvät toimenpiteet, tulo- ja lähtötietojen päivitys, virheiden tunnistus, muistialueen hallinnointi sekä kommunikointi ohjelmointilaitteen kanssa. (33.)

Käyttäjä luo ohjelmaeditorilla logiikkaohjelman inkrementti- tai vapaasti muokattavassa tekstiilassa. Inkrementtieditoria voidaan käyttää LAD, FBD, STL ja S7-GRAPH-ohjelmointikielien kanssa. Lähdekoodieditoria (tekstieditori) voidaan käyttää, kun ohjelmoidaan STL-, S7 SCL- tai S7 HiGraph -ohjelmointikielillä. (33.)

Inkrementtieditoria käytettäessä jokaisen syötetyn rivin tai elementin (riippuen ohjelmointikielestä) syntaksi tarkistetaan välittömästi syötön jälkeen ja mahdolliset virheet korostetaan. Jos syötetty käsky ei sisällä virheitä, se käännetään ja tallennetaan automaattisesti käyttäjäohjelmaan. Inkrementtieditoria

käytettäessä voidaan ohjelmoida vain yksi ohjelmalohko (block) kerrallaan. (33.)

Lähdekoodieditorilla ohjelmoidaan lähdekooditiedostoja, jotka voidaan myöhemmin kääntää ohjelmalohkoiksi. Yksi lähdekooditiedosto voi sisältää yhden tai useamman ohjelmalohkon koodin. STL- ja SCL-editoreilla voidaan luoda lähdekooditiedostot OB-, FB-, DB- ja UDT-lohkoille. Yksi lähdekooditiedosto voi sisältää jopa kokonaisen logiikkaohjelman. Kun lähdekooditiedosto käännetään, tiedostoon kirjoitetut ohjelmalohkot generoidaan ja kirjoitetaan käyttäjäohjelmaan. Koodin syntaksi tarkistetaan vasta käännösvaiheessa. (33.)

STEP 7 -ohjelmalla on mahdollista jäsentää ohjelmakokonaisuus pieniin itseänsiin ohjelma-alueisiin. Tällaisella ohjelman jaottelulla saavutetaan monia etuja:

- Laaja ohjelma on helpompi ymmärtää pieninä palasina.
- Usein tarvittuja ohjelmakokonaisuuksia on helppo siirtää ohjelmalohkosta tai kokonaisesta projektista toiseen.
- Ohjelmaa on helpompi hallita ja tehdä muutoksia.
- Virheiden jäljitys on helpompaa, koska on mahdollista testata yksittäisiä ohjelmapaloja. (32, s. 10)

STEP 7 -projekti rakentuu erilaisista lohkoista (blocks). Taulukkoon 1 on koottu S7-logiikkaohjelman eri lohkot kuvauksineen.

TAULUKKO 1. STEP 7 ohjelmointilohkot (33)

Lohko	Kuvaus
Organisaatioyksikkö, OB (Organization Block)	OB-lohkot määrittävät käyttäjäohjelman rakenteen.
Järjestelmätointayksikkö, SFB (System Function Block) ja järjestelmätointinto SFC (System Function)	SFB- ja SFC-lohkot ovat logiikkayksikköön integroituja lohkoja ja niiden kautta pääsee käsiksi joihinkin järjestelmätointintoihin.
Toimintayksikkö, FB (Function)	FB-lohkot ovat yksiköitä, joilla on

Block)	muisti. FB-lohkot ovat lohkoja, jotka käyttäjä itse ohjelmoi.
Toiminto, FC (Function)	FC-lohkot sisältävät ohjelmarutiineja, joita käytetään usein. FC-lohkot ovat käyttäjän ohjelmoitavissa. FC-lohkoilla ei ole omaa muistia.
Instanssitietolohko, instance DB (instance Data Block)	Instanssi DB liitetään FB- ja SFB-lohkoon aina kun FB- tai SFB-lohkoa kutsutaan. Instanssi DB:t luodaan automaattisesti ohjelmaa käännettäessä.
Tietolohko, DB (Shared Data Block)	Tietolohkot ovat tietoa alueita, jonne käyttäjä voi tallettaa tietoja. Tietolohkoihin tallennettua tietoa voidaan käyttää kaikissa ohjelmalohkoissa.

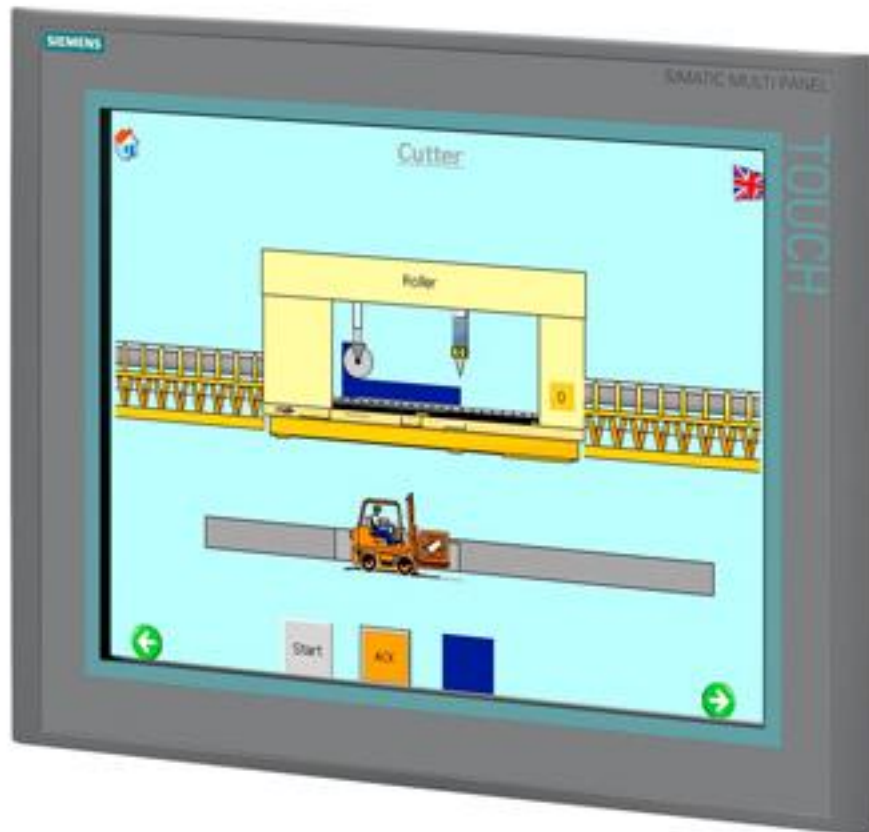
Edellä esiteltyjen lohkojen lisäksi STEP 7 -ohjelmassa voidaan luoda UDT (User Data Type)- ja VAT (Variable Table) -lohkoja. UDT-lohkossa voidaan määritellä rakenne esimerkiksi datalohkolle (DB), jolloin useiden samankaltaisten datalohkojen luominen ja muokkaaminen on nopeaa ja helppoa. VAT-taulukkoon voidaan kerätä erilaisia muuttujia, kuten I/O-tietoja ja merkkereitä, joiden arvoa on mahdollista seurata ja muuttaa logiikan käydessä. VAT-taulukkoa voidaan käyttää muun muassa I/O-testauksessa ja vianhaussa. (33.)

6.4 Pakkaamon operointipaneeli ja hälytysnäytöt

Siemensin SIMATIC HMI -mallistoon kuuluu useita erilaisia operointipaneelityyppejä. Operointipaneelit on jaoteltu erilaisiin sarjoihin toiminnallisuuden mukaan. Operointifilosofian mukaan paneelit on jaettu painikepohjaisiin ja kosketusnäytöllisiin. (34.)

Pakkaamon operointipaneeliksi oli valittu kuvassa 3 esitetty Siemensin Multi Panel -sarjaan kuuluva MP377 19" Touch. Paneelissa on 19-tuumainen kosketusnäyttö ja se on Siemensin malliston suurin operointipaneeli. Hälytysnäytöiksi pakkaamoon tuli kaksi Basic Panel -sarjaan kuuluvaa KTP1000 Basic

Color -paneelia. Hälytysnäytöissä on 10 tuuman kosketusnäytön lisäksi kahdeksan vapaasti ohjelmoitavaa funktiopainiketta.



KUVA 3. Siemens Simatic MP377 (Siemens AG)

Taulukoihin 2 ja 3 on kerätty paneelien teknisiä ominaisuuksia, joista selviää esimerkiksi erilaiset liityntämahdollisuudet.

TAULUKKO 2. MP377 19" Touch -paneelin tekniset tiedot (35.)

Näyttö	19" TFT näyttö, 64 000 väriä, CCFL taustavalo
Näytön resoluutio	1280 x 1024 kuvapistettä
Hallinta	Analoginen kosketusnäyttö (resistii- vinen)
Ohjelmamuisti	12 MB + 12 MB

Liitynnät	1 x RS485 / RS422 2 x USB 2.0 2 x RJ45 Ethernet 1 x LineOut 1 x SD-/MMC-muistikorttipaikka 1 x CF-korttipaikka
Kotelointiluokka	IP65 (uppoasennuksena) IP20 (paneelin takaosa)
Käyttöjännite	24 VDC
Etupaneeli	483 x 400 mm (L x K)
Syvyys	75 mm
Konfigurointisovellus (vähimmäis-vaatimus)	WinCC Flexible Standard

TAULUKKO 3. KTP1000 Basic Color -paneelin tekniset tiedot (36.)

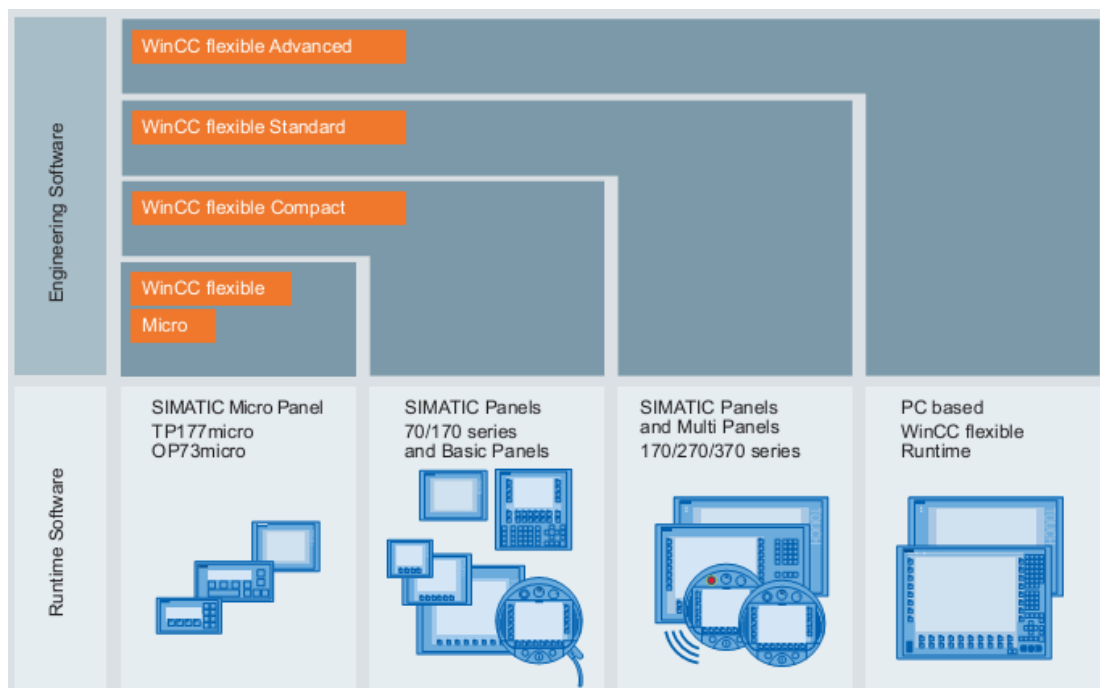
Näyttö	10,4" TFT näyttö, 256 väriä, CCFL taustavalo
Näytön resoluutio	640 x 480 kuvapistettä
Hallinta	Analoginen kosketusnäyttö (resistii- vinen) + 8 funktiopainiketta
Ohjelmamuisti	1 MB
Liitynnät	1 x RS485 / RS422 1 x RJ45 Ethernet
Kotelointiluokka	IP65 (uppoasennuksena) IP20 (paneelin takaosa)
Käyttöjännite	24 VDC
Etupaneeli	335 x 275 mm (K x L)
Syvyys	62 mm
Konfigurointisovellus (vähimmäis-vaatimus)	WinCC Basic (TIA portal) / WinCC flexible Compact

Sekä MP377- että KTP1000-operointipaneeli tarjoavat samankaltaiset mahdollisuudet ajatellen logiikka- ja ohjelmointiliityntää. Kumpikin paneelityyppi voidaan liittää Siemensin S7-sarjan logiikoihin käyttäen joko Profibus DP - tai

PROFINET-väylää. Paneeleita on mahdollista käyttää myös eri valmistajien logiikoiden yhteydessä. Tällöin liityntä voidaan edellisten vaihtoehtojen lisäksi tarvittaessa muodostaa käyttäen erilaisia sarjaliikennemuuntimia, jolloin paneelilta RS-485- tai RS-422-muotoinen sarjaliikenne muutetaan RS-232-muotoon. Yhteys on mahdollista ainakin Modiconin ja Allen Bradleyn tuotteisiin. Liitettäessä ohjelmointilaitetta (PC) voidaan käyttää PROFINET (Ethernet) yhteyden lisäksi sarjaliikenneväylää RS-485. Tarvittaessa käytetään sarjaliikennemuunninta (RS-485 -> RS-232). (37, s. 68–71; 38, s. 39–45.)

6.5 SIMATIC WinCC Flexible

SIMATIC WinCC Flexible on Windowsilla toimiva ohjelma kaikkien SIMATIC paneelien ohjelmointiin. Paneelien lisäksi ohjelmalla voidaan ohjelmoida myös PC-pohjaisia valvomoratkaisuja. Ohjelmasta on saatavilla useita eri versioita ohjelmointitarpeiden mukaan. Suppein ohjelmapaketti on WinCC Flexible Micro, joka sopii Siemensin pienimpien ja yksinkertaisimpien Micro-paneelien ohjelmointiin. Laajin ohjelmapaketti on WinCC Flexible Advanced, jolla on mahdollista ohjelmoida kaikkia paneelityyppejä. Advanced-paketti pitää sisällään kaikki pienempien pakettien toiminnallisuudet. Kuvassa 4 on esitetty WinCC Flexiblen eri versiot. (39, s. 6.)



KUVA 4. WinCC Flexiblen eri versiot (39 s. 8.)

WinCC Flexiblen päänäkymä voidaan erotella viiteen alueeseen: ohjelmavalikot ja työkalupalkit, projektinäkymä, työkaluvalikko, työalue sekä parametrintinäkymä. Ohjelmavalikoita lukuun ottamatta näkymästä voidaan poistaa tai lisätä osia tarpeen mukaan.

Ohjelmavalikot ja työkalupalkit sijaitsevat ohjelmakäyttöliittymän yläreunassa. Valikoiden kautta voidaan muuttaa ohjelman määrittämiä ja editointiasetuksia, kuten esimerkiksi taustarasterin kokoa. Valikoista löytyvät myös tutut tallennus- ja latausvalinnat sekä siirtotyökalut paneeliohjelman siirtämiseksi opeointipaneeliin. Valikoista löytyy myös linkki kattaviin help-tiedostoihin, joista löytyy muun muassa paljon käytännön esimerkkejä ja malleja. Työkalupalkeista löytyy usein käytettyjä työkaluja, joita voidaan käyttää projektin objektien määrittelyyn. Työkalupalkeista löytyy toiminnot esimerkiksi objektien kääntöön ja asetteluun, tekstinmuokkaukseen ja kerroksien hallintaan. (39 s. 9)

Projektinäkymän kautta tapahtuvat kaikki avoimena olevaan projektiin liittyvät hallintatoimenpiteet: näyttöjen luominen, yhteysmäärittelyt, hälytysten hallinta,

logien hallinta, projektitekstien ja -kuvien hallinta, operointipaneelin asetukset, käyttäjien määrittelyt, tagien hallinta, skriptien luominen jne.

Työkaluvalikko pitää sisällään työkalut erilaisten näyttöobjektien luomiseen. Valikosta löytyy työkalut erilaisten kuvioiden ja viivojen piirtämiseen sekä työkalut tekstin luomiseen. Painikkeiden ja erilaisten IO-kenttien – graafisten sekä tekstipohjaisten – lisääminen projektiin onnistuu työkalunäkymän kautta. Valikoista löytyy myös erilaisia kehittyneitä objekteja, kuten hälytysikkuna ja -indikaattori sekä mittari ja liukusäädin. Työkaluvalikon kautta voi myös lisätä projektiin kuvia, joko omista tiedostoista tai valmiista kuvakirjastoista. Pääsääntöisesti objektien lisääminen projektiin tapahtuu vetämällä haluttu objekti työkalunäkymästä työalueelle.

Työalueella näkyy valitun paneelityypin mukainen alue, johon kaikki paneelilla näytettävät näytöt luodaan. Työalue voidaan jakaa kerroksiin, jolloin työskentelyn aikana etenkin päällekkäisten objektien käsittely helpottuu. Erilaisten objektien asettelua on mahdollista helpottaa asetuksella, joka näyttää halutun kokoisen ruudun työskentelyalueen taustalla.

Parametrintinäkymän avulla voidaan yksittäisten objektien asetuksia muuttaa. Käytettävissä olevan valinnat riippuvat parametroitavan objektin tyypistä. Muutettavia asetuksia ovat esimerkiksi koko, sijainti näytöllä, väri, erilaiset animointi- ja näkyvyysasetukset, linkitykset tageihin sekä toimintojen asettaminen. Osa yleisimmin tarvituista asetuksista voidaan määritellä objektille suoraan myös työkalupalkkien ja -valikoiden kautta.

7 NÄYTTÖJEN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

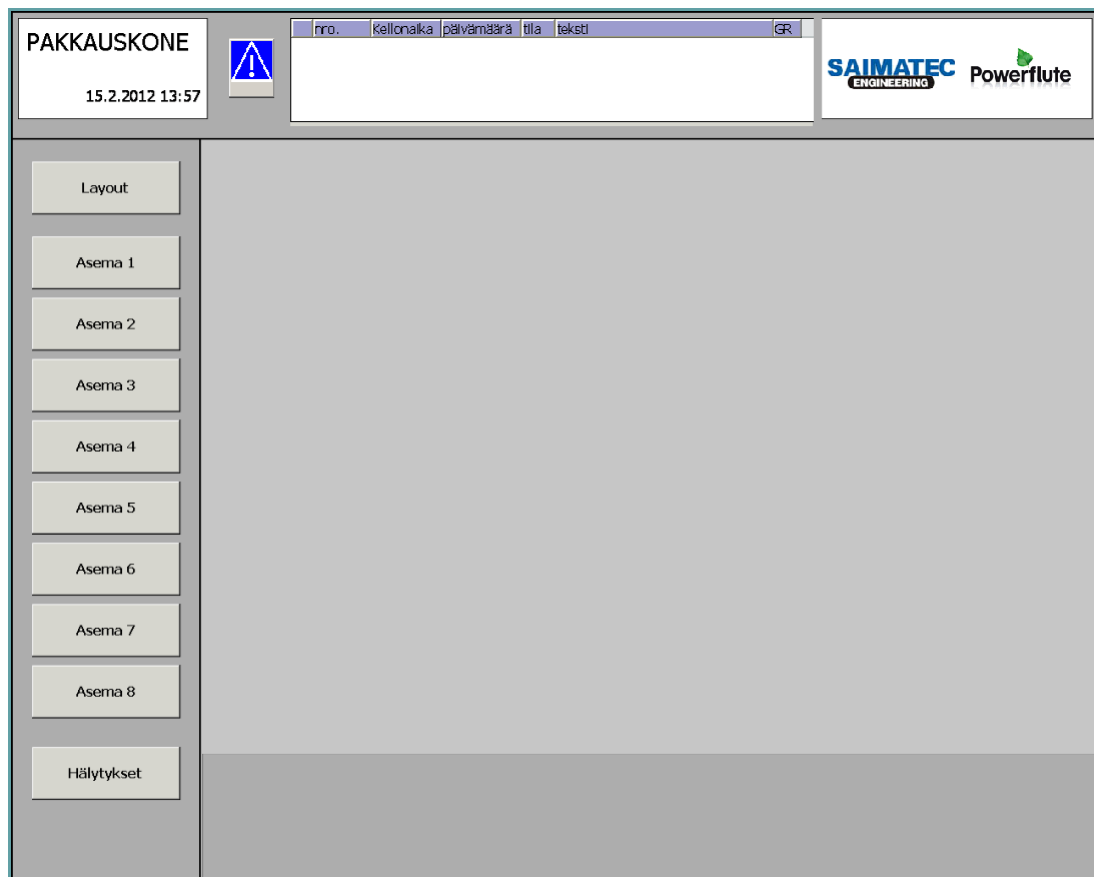
Pakkauskoneen toiminta ei ollut työn tekijälle ennestään tuttua, joten näyttöjen suunnittelu alkoi tutustumisella pakkausprosessiin ja sen eri vaiheisiin. Laitetoimittajalta saatiin jo heti projektin alkuvaiheessa CAD-ohjelmalla piirrettyjä 3D-kuvia koko pakkaamosta sekä myös yksittäisistä laitteista. Kuvien sekä vastaavanlaisissa pakkaamoissa kuvattujen videoiden avulla, sai nopeasti yleiskäsityksen pakkaamon toiminnasta sekä yksittäisistä laitteista. Toiminnan paremmassa ymmärtämisessä auttoi laitetoimittajan kirjoittama pakkaamon toiminnankuvaus.

Pakkaamon toimintaa käytiin läpi myös pakkaamon logiikkaohjelmoijan kanssa. Koska näyttö on hyvin tiiviisti sidoksissa ohjaavan logiikan kanssa, on jatkuva yhteistyö ohjelmoijan kanssa välttämätöntä.

7.1 Sivupohjan suunnittelu

Näyttöjen toteutus alkoi sivupohjan (template) suunnittelulla. Sivupohjaan voidaan määritellä objektit, jotka näkyvät jokaisella operointipaneelin sivulla. Vaihtoehtoisesti sivupohja voidaan myös poistaa käytöstä yhdeltä tai useammalta sivulta. Varsin pian saatiin sivupohjasta valmiiksi luonnos, joka säilyikin lähes muuttumattomana projektin loppuun asti.

Sivupohjaa suunniteltaessa täytyy kiinnittää huomiota värimaailmaan. Yleisilmeen tulisi olla varsin neutraali, jotta selkeys säilyisi ja mahdolliset huomiota vaativat asiat saisi värien avulla paremmin näkyviin. Värimaailmaksi valittiin harmaan eri sävyt. Kuvassa 5 on sivupohjan ensimmäinen versio.



KUVA 5. Sivupohjan ensimmäinen versio.

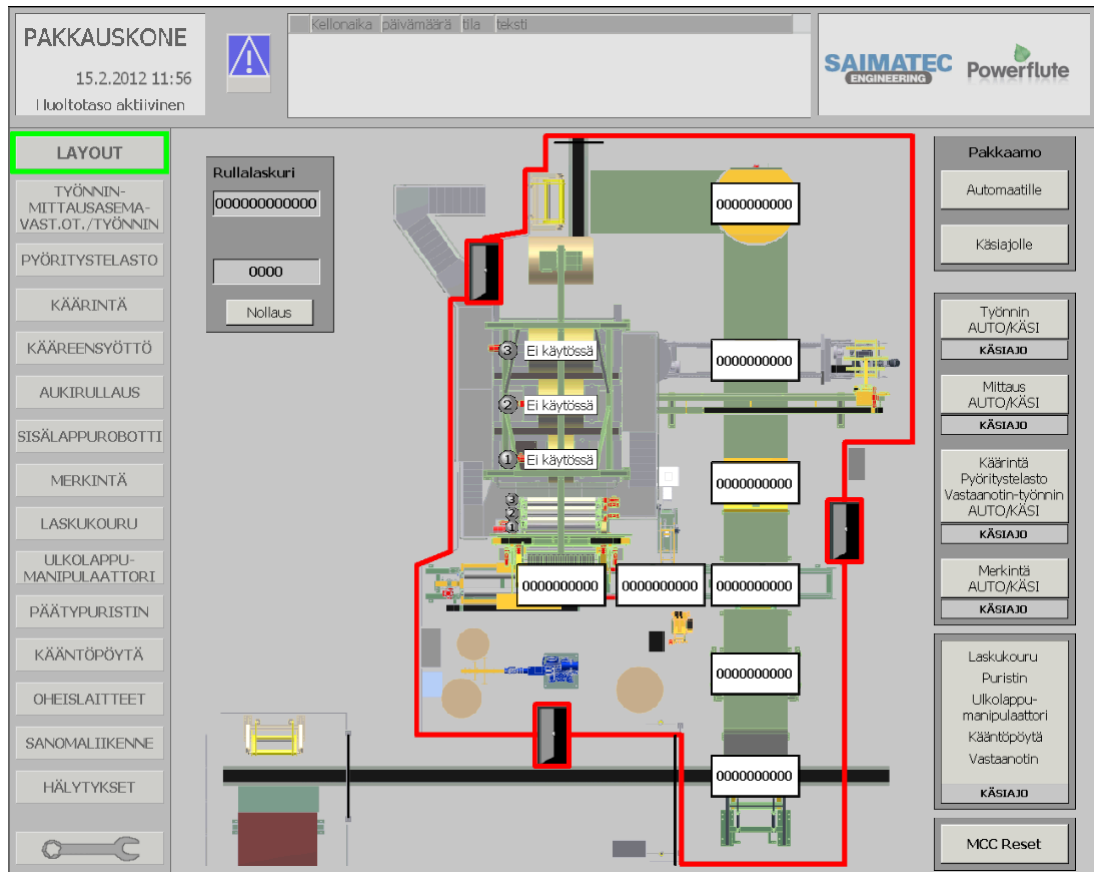
Vasemman yläkulman tekstillä kerrotaan operointipaneelin operoinnin kohde. Ylhäällä keskellä on hälytysikkuna, jossa näytetään viimeisimmät hälytykset. Hälytysikkunan vasemmalla puolella on hälytysindikaattori, joka näkyy vain, kun hälytyksiä on aktiivisena. Ylhäällä oikealla on laitetoimittajan ja tilaajan logot. Vasemmassa reunassa on painikkeet, joilla navigointi sivulta toiselle tapahtuu. Tämä rakenne toistuu jokaisella operointipaneelin sivulla.

Sivupohja noudattelee pitkälti web-sivuilta tuttua kaavaa. Navigointipainikkeille varattiin oma selkeä ja aina näkyvissä oleva alue, jotta sivulta toiselle siirtyminen olisi nopeaa ja helppoa.

7.2 Layout-sivu

Layout-sivu on sivu, joka paneelilla näytetään oletusarvoisesti ensimmäisenä ja joka antaa yleisnäkymän pakkaamon tilasta. Sivun pohjana on pakkaamon

layout-kuva. Ajatuksena oli kerätä sivulle pakkaamon toiminnan kannalta keskeisimmät asiat tekemättä sivusta kuitenkaan liian täyteen ahdattua ja sekavaa. Kuvassa 6 on valmis layout-sivu.



KUVA 6. Lopullinen layout-sivu

Pakkaamo on rajattu turva-aidalla, joka näkyy layout-sivulla normaalitilanteessa vihreänä rajauksena pakkaamon ympärillä. Vihreä staattinen väri kertoo, että pakkaamo on turvallisessa tilassa: kaikki kolme magneettilukollista ovea ovat kiinni, valoverho ei ole aktivoitunut eikä hätäseis-painiketta ole painettu. Jos jokin turvaovista avataan, ilmestyy näytölle avatun oven kohdalle ovi-symboli ja turva-alueen rajausta alkaa vilkkua. Häiriötilanteessa, kuten valoverhon vaikuttuessa, alkaa rajausta vilkkua punaisena ja häiriötilan aiheuttajaa kuvaava symboli alkaa vilkkua näytöllä.

Sivun oikeassa reunassa on ajotapavalintapainikkeet. Painikkeilla voidaan valita pakkaamon ajotapa eli automaatti- tai käsiäjo. Vaihtoehtoisesti myös

yksittäisen laitteen tai ohjausalueen ajotapa voidaan valita. Painikkeiden alapuolella näkyy kunkin laitteen ajotapa värin ja tekstin avulla. Poikkeuksena edelliseen pakkaamon loppupään laitteiden ajotapa voidaan valita vain erillisistä ohjauskytkimistä puristimen lähellä sijaitsevasta ohjauspulpetista. Loppupään laitteiden valittu ajotapa näytetään näytöllä ajotapavalintapainikkeiden alapuolella.

Layout-näkymästä voidaan siirtyä tarkastelemaan yksittäisen linjalla olevan rullan rullatietoja. Kun jollakin asemista on rulla, aseman kohdalla näkyy rullaa kuvaava suorakulmio, jonka päällä näytetään rullan tunnus. Tätä kuvaketta koskettamalla aukeaa kuvassa 7 esitetty rullatietoikkuna.

KUVA 7. Rullatietoikkuna

Rullatietoikkunassa nähdään rullaan liittyviä tietoja: rullan tunnus ja mitat, pakkaus- ja merkintäohjeet sekä pakkauksen eteneminen. Lisäksi rullatietoikkunan kautta voidaan muun muassa merkitä rullan pakkaus hylätyksi tai

poistaa rullan tiedot kokonaan. Ikkunassa voidaan myös muuttaa rullan tunnusta (lukuvirheiden takia), mittoja sekä pakkausohjeita. Muutettavissa olevia arvoja on pyritty korostamaan WinCC Flexiblestä löytyvillä 3D-tehosteilla.

Näppäilyvirheitä varten kentät, joihin oli mahdollista syöttää rullan 10-numeroinen rullatunnus, varustettiin merkkimäärän tarkistuksella. Kenttään hyväksyttiin ainoastaan 10-merkkiä pitkät merkkijonot. Merkkijonon pituuden tarkistukseen ei WinCC Flexible -ohjelmasta löydy valmiita ratkaisuja, joten tarkistus toteutettiin skriptillä. WinCC Flexiblessä voidaan luoda skriptejä käyttäen Visual Basic -ohjelmointikieltä. Skripti voidaan asettaa suoritettavaksi esimerkiksi painikkeen painamisen yhteydessä. Niinpä rullatunnuksen syöttöä varten tehtiin skripti, joka tarkistaa annetun merkkijonon pituuden. Jos merkkijono on oikeain pituinen, se kirjoitetaan logiikkaan tälle varatulle muistipaikalle. Jos taas merkkijono on liian lyhyt tai pitkä, aktivoidaan virheilmoitus.

Layout-sivua suunniteltaessa haastavimmaksi osoittautui ajotapavalintapainikkeiden ulkoasun toteutus. Painikkeesta tuli selvitä voimassa oleva ajotapa yksiselitteisesti, koska laitteen unohtaminen käsiajolle on varsin yleinen syy linjaston/prosessin keskeytymiseen. Lopullinen ulkoasu muotoutui vasta käyttöönottovaiheessa. Kuvassa 8 on esitetty painikkeiden ulkoasun kehittyminen ensimmäisestä versiosta viimeisimpään - valmiiseen toteutukseen.



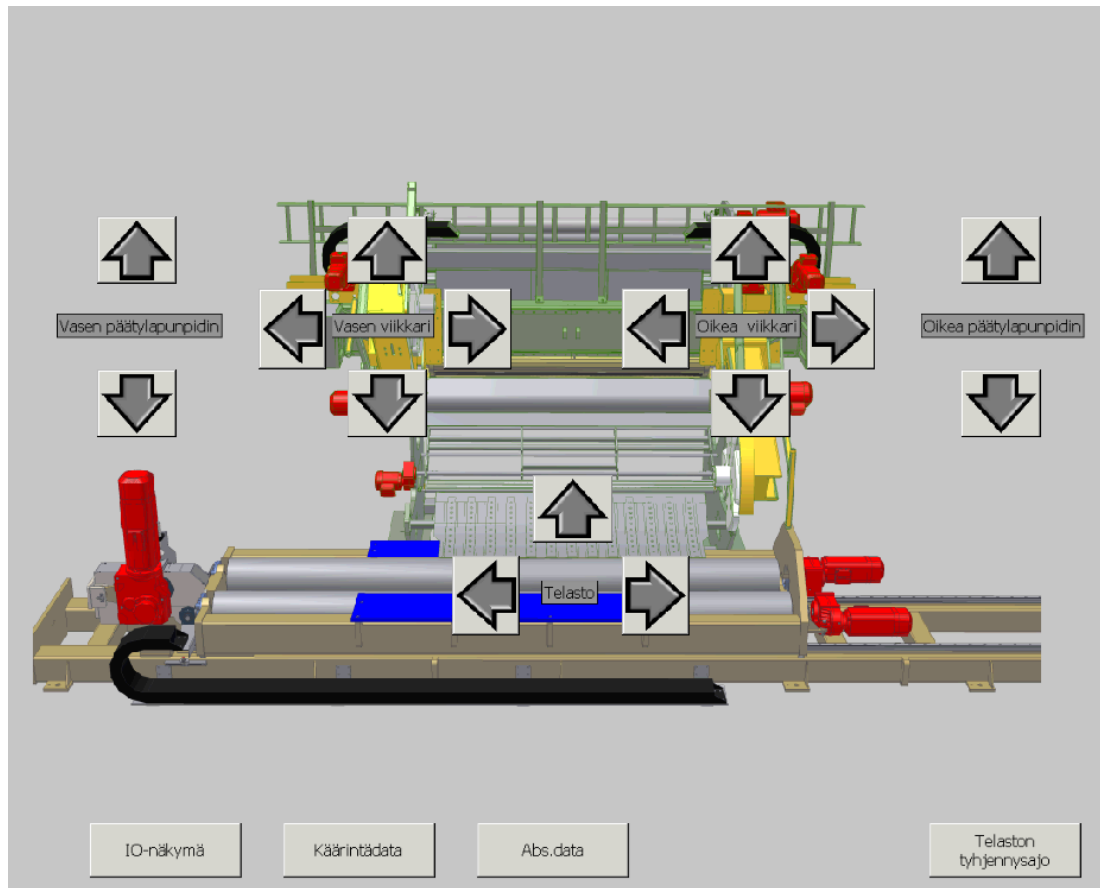
KUVA 8. Ajotapavalintapainikkeen eri versiot.

7.3 Laitenäkymät

Jokaista laitetta tai asemaa varten on paneelilla oma laitekohtainen sivunsa. Laitekohtaisten sivujen kautta on mahdollista tarkkailla laitteeseen liittyviä I/O-tietoja sekä joissakin tapauksissa myös ohjata laitteita. Suurin osa näytettävästä tiedosta on logiikalle tulevia (Input) tietoja, kuten erilaisia raja-, kytkin- ja valokennotietoja. Logiikan lähtötiedoista (Output) näytetään vain joitakin venttiilien ohjaustietoja. Anturien tilaa kuvaavaksi symboliksi valittiin pieni neliö. Neliön väri on harmaa, kun anturi on passiivinen (esimerkki: valokenno ei näe mitään) ja vihreä, kun anturi on aktiivinen (esimerkki: valokenno näkee rullan). Joissain tapauksissa anturin aktiivinen tila ilmoitetaan punaisella värillä (esimerkki: hydraulikoneikon öljyn pintaraja). Venttiilien ohjaustietojen symboliksi valittiin pieni venttiilisymboli, jonka väri kertoo ohjauksen tilan: vihreä, kun ohjaus on aktiivinen, ja harmaa, kun ohjaus ei ole päällä.

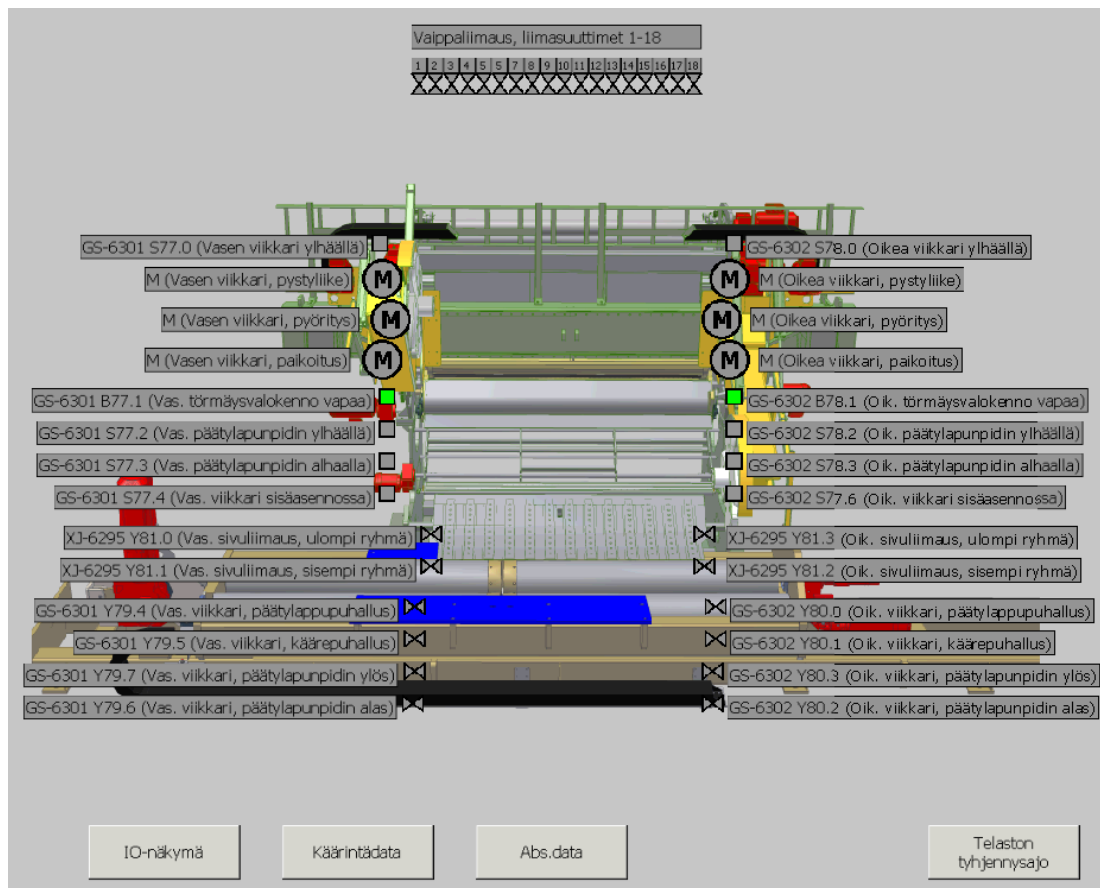
Joidenkin laitteiden näkymissä on myös mahdollista ohjata laitetta käsiajolla tai muuttaa laitteeseen liittyviä parametreja. Käsin paneelilta ohjattavat kohteet valikoituivat pitkälti laitetoimittajan ohjeistuksen perusteella. Pääsääntönä pidettiin, että vain sellaisia laitteita, jotka operointipaneelin käyttökohdasta voidaan selvästi nähdä, voidaan myös siitä ohjata. Käsiajtoa ei automaattisessa pakkauksessa normaalisti tarvita, mutta käsiajomahdollisuus on oltava vikatilanteiden, testauksen ja huoltotöiden varalta.

Ajopainikkeet koostuvat erilaisista nuolista. Kunkin ajopainikeryhmän yhteyteen on kirjoitettu painikkeilla ohjattava laite. Jotta käyttäjä voisi olla varma painalluksen rekisteröitymisestä, on ohjauspainikkeissa käytetty animointia: painikkeen painamista indikoidaan 3D-efektillä sekä painikkeen värin vaihtumisella. Kuvassa 9 on käärintäaseman ohjaussivu.



KUVA 9. Käärintäaseman ohjausnäkymä

Laitenäkymät rakennettiin laitetoimittajalta saatujen 3D-kuvien ympärille. Perusnäkyssä näkyvillä on laitteen ohjauspainikkeet. I/O-näkymän aktivointi tapahtuu erillisellä painikkeella. I/O-näkymän ollessa aktivoituna ohjauspainikkeet piilotetaan ja näytetään ainoastaan laitteeseen liittyvät anturi- ja venttiilisyömbolit sekä niihin liittyvät positiotiedot ja kuvaukset. I/O-syömbolit pyrittiin mahdollisuuksien mukaan sijoittamaan 3D-kuvan päälle siten, että sijainti vastaisi anturien ynnä muiden todellista sijaintia. Kuvassa 10 on esitetty käärintäaseman I/O-näkymä.



KUVA 10. Käärintäaseman I/O-näkymä.

Laitenäkymien kautta on myös mahdollista suorittaa huolto- ja korjaustöinä absoluuttiantureiden uudelleen asetus. Asetusvalikot suojattiin salasanalla, jotta ne voitiin rajata vain kunnossapitohenkilöstön käyttöön.

7.4 Sanomaliikenne

Sanomaliikenne-sivun kautta voidaan seurata pakkaamon ja tehdasjärjestelmän välistä tietoliikennettä. Normaalin pakkauksen aikana kutakin rullaa kohden lähetetään pakkaamon logiikalta kolme viestiä tehdasjärjestelmään ja vastaavasti tehdasjärjestelmästä lähetetään kolme pakkaamoon päin.

Ensimmäisessä viestissä logiikalta lähtee tehdasjärjestelmään rullanumero sekä rullan mitat. Paluuviestinä tehdasjärjestelmästä tulee rullan pakkaus- ja merkintäohjeet. Seuraavassa viestissä logiikka pyytää rullalle merkintätietoja sekä pyytää ensimmäisen rullaetiketin tulostusta. Vastausviestinä tehdasjär-

Operointipaneelilla sanomaliikenne-sivun kautta on mahdollista seurata näitä logiikan ja tehdasjärjestelmän välisiä viestejä. Sivulta voi nähdä lähetetyt ja vastaanotetut viestit aikaleimoineen, yhteyden tilan sekä mahdolliset virhetilat. Myös yhteyden avaus ja katkaisu voidaan suorittaa sivulle olevien painikkeiden avulla. Kuvassa 11 on sanomaliikenne-sivu. Sivun yläosaan on valittu näkymään 1A-sanoman tietokentät, eli mittaus ja tunnistetietojen lähetyssanoma. Sivun alaosassa näkyvät tehdasjärjestelmästä tulevien viestien kentät.

PAKKAUSKONE

15.2.2012 11:56

I luototaso aktiivinen

Kellon aika päivä määrä tila teksti

SAIMATEC

ENGINEERING

Powerflute

LAYOUT

TYÖNNIN-
MITTAUSASEMA-
VAST.O.T./TYÖNNIN

PYÖRITYSELASTO

KÄÄRINTÄ

KÄÄRENSYÖTTÖ

AUKIRULLAUS

SISÄLAPPUBOTTI

MERKINTÄ

LASKUKOURU

ULKOLAPPU-
MANIPULAATTORI

PÄÄTYPURISTIN

KÄÄNTÖPÖYTÄ

OHEISLAITTEET

SANOMALIIKENNE

HÄLYTYKSET

PLC -> TIPS

Yhteys

1A

1C

1E

1X

Rullan mittaus ja tunnistetiedot

Sanomatunnus: 00

Rullan 1 tunnus: 0000000000

Mitattu leveys (mm): 0000

Mitattu halkaisija (mm): 0000

Mitattu paino (kg): 0000

Lähetä

Lähetys

Sanomatunnus:	00
Lähetys status:	0000
Viimeisen virheen status:	0000
Viimeisen lähetyksen alkaleima:	31.12.2002 10:59:59
Viimeisen virheen alkaleima:	31.12.2002 10:59:59
Rullan 1 tunnus:	0000000000
Mitattu leveys (mm):	0000
Mitattu halkaisija (mm):	0000
Mitattu paino (kg):	0000

Lähetys ok:

Lähetysvirhe:

TIPS -> PLC

Pakkausohjeet

Sanomatunnus:	00
Vastaanotto status:	0000
Viimeisen virheen status:	0000
Viimeisen vastaanoton alkaleima:	31.12.2002 10:59:59
Viimeisen virheen alkaleima:	31.12.2002 10:59:59
Rullan 1 tunnus:	0000000000
Pakkausohje:	0
Käärekielrokset:	00

Vastaanotto ok:

Vastaanottovirhe:

Viesti käsitelty:

Viestin sisältö virheellinen:

Merkkauk- ja etiketöintitieda

Sanomatunnus:	00
Vastaanotto status:	0000
Viimeisen virheen status:	0000
Viimeisen vastaanoton alkaleima:	31.12.2002 10:59:59
Viimeisen virheen alkaleima:	31.12.2002 10:59:59
Merkkaukslaitteisto ok:	0
Tulostin ok:	0
Rullan 1 tunnus:	0000000000
Etikettien määrä:	0
Valppamerkkauk:	0
Punainen väriraita valpalle:	0

Vastaanotto ok:

Vastaanottovirhe:

Viesti käsitelty:

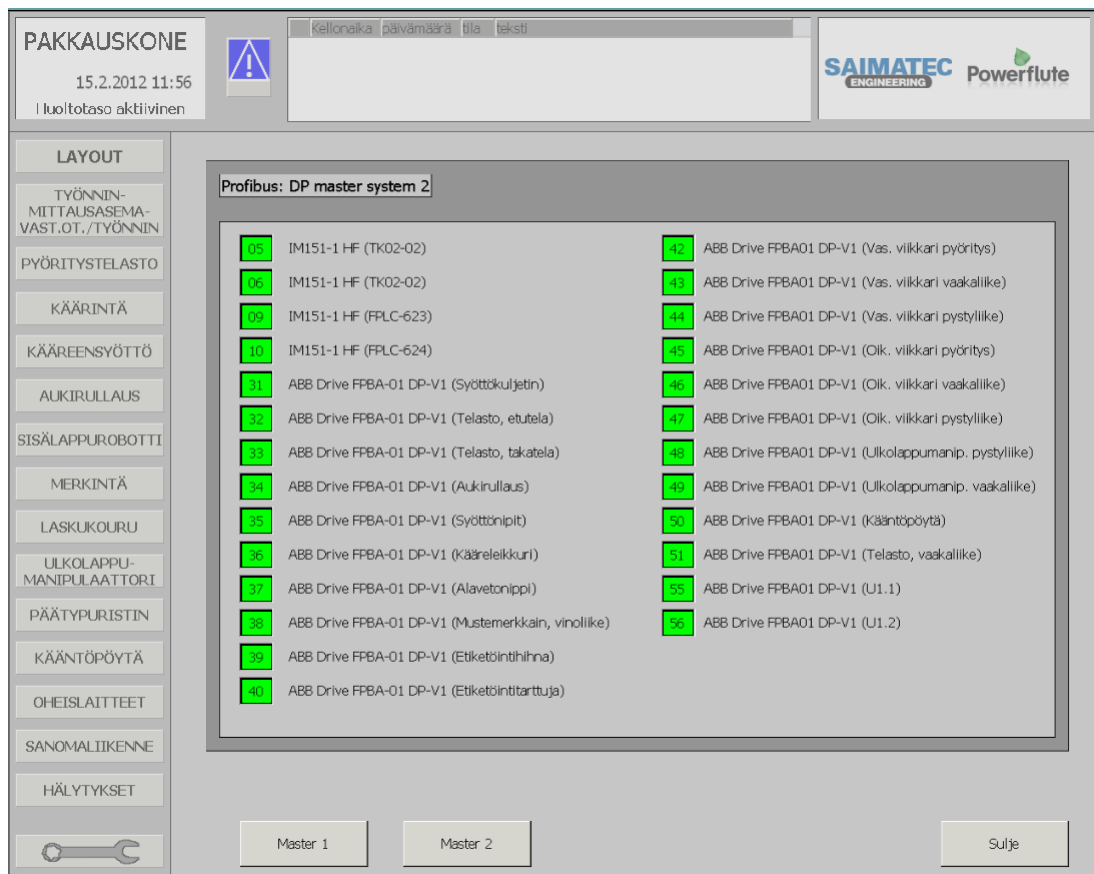
Viestin sisältö virheellinen:

KUVA 11. Sanomaliikennenäkymä

7.5 Diagnostiikka- ja asetussivut

Operointipaneelille tuli erillinen sivu paneelin asetuksille sekä pakkaamon diagnostiikalle ja ohjeistukselle. WinCC Flexible -ohjelmasta löytyy muutamia valmiita toimintoja, joiden avulla operointipaneelin asetuksia pääsee muuttamaan suoraan runtime-tilasta käsin. Nämä toiminnot voidaan asettaa suoritettavaksi esimerkiksi samalla, kun painetaan painiketta. Tällaisia toimintoja ovat muun muassa kosketusnäytön kalibrointi sekä näytön puhdistustoiminto. Edellä mainitut toiminnot asetettiin painikkeisiin, jotka tulivat diagnostiikka- ja asetussivulle. Kalibrointitoiminnon avulla voidaan suorittaa kosketusnäytön kalibrointi. Kalibroinnista on hyötyä jos paneelia täytyy operoida vaihtelevista katselukulmista. Koska varsinainen näyttöpinta on syvemmällä kuin kosketuspinta, pienikin katselukulman muutos voi aiheuttaa sen, että painiketta painettaessa ei enää osu painikkeeseen. Näytön puhdistustoiminto kytkee kosketusnäytön ennalta määritetyksi ajaksi tilaan, jolloin painalluksia ei rekisteröidä. Tämä mahdollistaa näytön puhdistamisen pyyhkimällä siten, ettei virhepainalluksia pääse syntymään.

Järjestelmän tilan diagnosointia varten paneelille tehtiin Profibus-diagnostiikka-näyttö, joka voidaan aktivoida diagnostiikka- ja asetussivun kautta. Profibus-diagnostiikka-näytöltä valitaan tarkkailtava Profibusväylä (1 tai 2), minkä jälkeen nähdään kaikkien Profibuslaitteiden tila värillä kuvattuna. Vihreä tarkoittaa, että laite toimii oikein ja punainen kertoo, että laitteessa on jokin häiriö. Kuvassa 12 on Profibus-diagnostiikka-näyttö.



KUVA 12. Profibus-diagnostiikka-näyttö.

Diagnostiikkaa tukemaan näytölle tehtiin myös hälytyslogi, jonne tallennetaan 2000 viimeisintä hälytystietoa. Hälytystietojen avulla on mahdollista selvittää muun muassa, mitkä laitteet aiheuttavat jatkuvasti hälytyksiä. Koska logiin tallentuu tarkka kellonaika kunkin hälytyksen kohdalle, on mahdollista myös jälkikäteen selvittää mitä mahdollisia hälytyksiä on tiettyä ajanjaksona tapahtunut. Hälytyslogi asetettiin tallentumaan erilliselle näyttöön liitetulle USB-muistitikulle, jolloin logia voidaan selata millä tahansa tietokoneella.

USB-muistitikulle ladattiin myös erilaisia käyttö- ja huolto-ohjeita. Ohjeet jaettiin erillisiin alikansioihin. Diagnostiikka- ja asetussivulle tehtiin painikkeet, jotka aukaisevat suoraan paneelille valitun alikansion sisällön. Näin tarvittavia käyttö- ja huolto-ohjeita voidaan selata suoraan paneelilta, eikä erillisiä helposti hukkaan meneviä paperiversioita ohjeista tarvita. MP377-paneeli osaa aukaista Word-, Excel-, Powerpoint- ja PDF-tiedostoja, kun tarvittavat lu-kuohjelmat ensin asennetaan WinCC Flexible -ohjelman avulla.

7.6 Yleistä huomioitavaa näyttöjen suunnittelusta

Käytettyjen paneelien kosketusnäytöt ovat tekniikaltaan resistiivisiä. Resistiiviset kosketusnäytöt ovat hyvin yleisiä ja tuttuja myös monista nykyisin jo hyvin arkipäiväisistä laitteista, kuten matkapuhelimista ja GPS-laitteista. Teollisuuskäyttöä ajatellen resistiivinen kosketusnäyttö tarjoaa merkittävän edun verrattuna myös hyvin yleisesti käytössä oleviin kapasitiivisiin kosketusnäyttöihin: näytön käyttö onnistuu käsiin kädessä tai näyttöä voidaan käyttää lähes millä tahansa esineellä, kuten esimerkiksi kynällä. Näytön mahdollinen - ja pakkaamon tapauksessa myös hyvin todennäköinen - käyttö työhanskat kädessä tuli myös ottaa huomioon näyttöjä suunniteltaessa. Painikkeet tuli tehdä riittävän suuriksi, sekä sijoittaa riittävän etäälle toisistaan, jotta operointi olisi mahdollista myös käsiin kädessä. Erityisesti ohjauspainikkeiden tuli olla riittävän suuria siitäkin syystä, että laitetta ohjattaessa sormen pitäisi pysyä painikkeen päällä myös sen jälkeen, kun katse on jo käännetty ohjattavaan laitteeseen.

Kosketusnäytön tekniikasta johtuen täytyi ottaa huomioon myös se, että käytetty tekniikka ei tue monikosketusta. Niinpä jos huomaamattaan pitää kättä näytöllä, ja samaan aikaan yrittää toisella kädellä operoida, eivät painallukset rekisteröidy lainkaan tai pahimmassa tapauksessa tapahtuu jokin virhetoiminto. Tämän huomioiminen liittyy kuitenkin enemmän ohjeistuksen laatimiseen kuin varsinaisen käyttöliittymän suunnitteluun.

Virhepainallusten varalle etenkin peruuttamattomat toiminnot täytyi suojata erillisellä toiminnon varmistamisella. Käytännössä varmistus tapahtuu muun muassa PC-koneiden maailmasta tutulla varmistusikkunalla, jossa käyttäjältä kysytään varmistusta valitulle toiminnolle. Joidenkin painikkeiden käyttö esitettiin tietyissä tilanteissa kokonaan deaktivoimalla painike. Lisäksi mahdolliset operaattorin tietämättömyydestä johtuvat virhetoiminnot pyrittiin estämään siirtämällä osa toiminnoista korkeammalle käyttäjätasolle. Käytännössä tämä tarkoitti esimerkiksi absoluuttiantureiden asetuspainikkeiden muuttamista salasanasuojatuiksi, jolloin vain salasanan haltijat (huolto/kunnossapito) pystyivät käyttämään painikkeita.

8 PANEELIEN LOGIKKALIITYNTÄ

Operointipaneeli, hälytysnäytöt sekä logiikka liitettiin samaan Ethernet-verkkoon. Ethernet-verkko oli edelleen liitetty tehtaan tietoverkkoihin. Tehtaan tietoliikenteestä vastaava taho toimitti tarvittavat IP-osoitteet kaikille verkkoon liitettäville laitteille sekä huolehti tarvittavista reititysmuutoksista tehtaan verkossa.

Operointipaneeliin sekä hälytysnäyttöihin asetettiin saadut IP-osoitteet sekä reititinosoitteet paneelien omien käyttöliittymien asetustyökaluilla. WinCC Flexible -ohjelmalla paneeliprojektien yhteysasetuksiin luotiin uusi yhteysprofiili logiikkayhteyttä varten. Asetuksiin määritettiin logiikan IP-osoite sekä logiikan keskusyksikön korttipaikka ja laajennuskehikko. Tässä tapauksessa korttipaikka on 2 ja laajennuskehikko on 0. Kuvassa 13 on WinCC Flexiblen yhteydenmäärittys-ikkuna.

The image shows the 'CONNECTIONS' window in WinCC Flexible. It features a table at the top with columns: Name, Communication driver, Online, and Comment. Below the table is a 'Parameters' section with two tabs: 'Area pointer' and 'Parameters'. The 'Parameters' tab is active, showing a diagram of an HMI device (MP 377 19" Touch) connected to a PLC device (Station). The HMI device configuration includes an 'Interface' dropdown set to 'Ethernet', a 'Type' dropdown set to 'IP', an 'Address' field with the value '10, 201, 56, 55', and an 'Access point' field with the value '57ONLINE'. The PLC device configuration includes an 'Address' field with the value '10, 201, 56, 51', an 'Expansion slot' field with the value '2', a 'Rack' field with the value '0', and a checked 'Cyclic operation' checkbox.

Name	Communication driver	Online	Comment
Connection_1	SIMATIC 57 300/400	On	

Parameters | Area pointer

MP 377 19" Touch

Interface: Ethernet

HMI device

Type: ☒ IP ☐ ISO

Address: 10, 201, 56, 55

The address can only be configured at the device

Access point: 57ONLINE

Station

PLC device

Address: 10, 201, 56, 51

Expansion slot: 2

Rack: 0

☒ Cyclic operation

KUVA 13. WinCC Flexible, yhteysprofiilien määrittäminen.

Kommunikointi logiikan kanssa tapahtuu pääasiassa erikseen määritettävien tagien avulla. Tagien määrittely tapahtuu WinCC Flexiblessä. Kullekin tagille annetaan yksilöllinen nimi ja valitaan käytettävä yhteysprofiili, luettavan/kirjoitettavan tiedon tyyppi sekä osoite logiikalla. Lisäksi voidaan määrittellä mm. tagin päivitystaajuus sekä voidaan kirjoittaa tagia kuvaava kommentti. Tagi voi olla myös paneelin sisäinen tagi, jolloin yhteys- ja osoitemäärittelyjä ei tarvitse tehdä. Kuvassa 14 on ote WinCC Flexible -ohjelman tagien hallinnointi-ikkunasta.

TAGS							
	Name	Arra...	Connection	Data type	Address	Acquisition cycle	Comment
	GS-6272 S60.7	1	Connection_1	Bool	I 60.7	1 s	Pyöritystelasto, keskiraja
	GS-6272 S76.0	1	Connection_1	Bool	I 76.0	1 s	Pyöritystelasto, pysäytys käärintään
	GS-6292 B70.0	1	Connection_1	Bool	I 70.0	1 s	Kääreensyöttöyksikkö, syöttönippi 1 kääre solassa
	GS-6292 B70.1	1	Connection_1	Bool	I 70.1	1 s	Kääreensyöttöyksikkö, syöttönippi 2 kääre solassa
	GS-6292 B70.2	1	Connection_1	Bool	I 70.2	1 s	Kääreensyöttöyksikkö, syöttönippi 3 kääre solassa
	GS-6292 S70.3	1	Connection_1	Bool	I 70.3	1 s	Kääreensyöttö, ilmanpaineet ok
	GS-6292 Y76.0	1	Connection_1	Bool	Q 76.0	1 s	Kääreensyöttöyksikkö, syöttönippi 1 kiinni
	GS-6292 Y76.1	1	Connection_1	Bool	Q 76.1	1 s	Kääreensyöttöyksikkö, syöttönippi 1 auki
	GS-6292 Y76.2	1	Connection_1	Bool	Q 76.2	1 s	Kääreensyöttöyksikkö, syöttönippi 2 kiinni
	GS-6292 Y76.3	1	Connection_1	Bool	Q 76.3	1 s	Kääreensyöttöyksikkö, syöttönippi 2 auki
	GS-6292 Y76.4	1	Connection_1	Bool	Q 76.4	1 s	Kääreensyöttöyksikkö, syöttönippi 3 kiinni
	GS-6292 Y76.5	1	Connection_1	Bool	Q 76.5	1 s	Kääreensyöttöyksikkö, syöttönippi 3 auki
	GS-6293 B72.2	1	Connection_1	Bool	I 72.2	1 s	Kääre leikkurilla
	GS-6293 S72.0	1	Connection_1	Bool	I 72.0	1 s	Kääreleikkuri, aloituskohta
	GS-6293 S72.1	1	Connection_1	Bool	I 72.1	1 s	Kääreleikkuri, lopetuskohta
	GS-6294 B76.4	1	Connection_1	Bool	I 76.4	1 s	Kääreenohjain, kääre alaohjaimella
	GS-6294 S76.5	1	Connection_1	Bool	I 76.5	1 s	Kääreenohjain edessä
	GS-6294 S76.6	1	Connection_1	Bool	I 76.6	1 s	Kääreenohjain takana
	GS-6294 S76.7	1	Connection_1	Bool	I 76.7	1 s	Kääreenohjain, imupalkki alhaalla

KUVA 14. WinCC Flexible -tagien hallinta

Erilaisia epäsuoria osoituksia varten tagille määritettävä osoite voidaan jättää osittain tai kokonaan ”avoimeksi”, jolloin osoitteen jokin osa voidaan korvata toisella tagilla, joka sisältää osan osoitteesta. Tällöin tagin osoitusta voidaan muuttaa tämän toisen tagin avulla. Esimerkiksi tagin TESTITAGI osoite voisi olla muotoa DB [DB_NUMERO] DBX0.0, jolloin DB_NUMERO-tagin arvoa muuttamalla voitaisiin TESTITAGI saada osoittamaan haluttuun datalohkoon. Edellä kuvatuunlainen menettely nopeuttaa työskentelyä sekä vähentää tarvittavien tagien määrää tilanteissa, joissa käsitellään tietorakenteeltaan identtistä, mutta eri osoitteissa sijaitsevaa tietoa.

Tagien epäsuoraa osoitusta oli mahdollisuus hyödyntää myös pakkaamon operointipaneelissa. Esimerkiksi pakkaamon logiikassa kullakin asemalla olevan rullan tiedot talletettiin omaan datalohkoon. Datalohkot olivat tietora-

kenteeltaan täysin toisiaan vastaavia. Niinpä rullatietojen esittäminen oli järkevää tehdä käyttäen epäsuoraa osoitusta, jolloin kutakin rullatietoa varten täytyi tehdä vain yksi tagi. Se, minkä aseman rullatiedot näytettiin, valittiin erillisellä painikkeella, joka asetti rullatietotagit osoittamaan haluttuun data-lohkoon. Tällainen menettely oli mahdollista siitäkin syystä, että kahden tai useamman aseman rullatietoja ei ollut tarpeen näyttää yhtä aikaa.

9 LOGIIKKAOHJELMOINTI

Operointipaneeli saa kaiken informaation pakkaamon tilasta suoraan pakkaamoa ohjaavalta logiikalta. Paneelille voidaan lukea logiikalta haluttuja arvoja ja vastaavasti paneelilta voidaan kirjoittaa haluttuja arvoja logiikalle. Logiikalle tehtiin myös joitakin täysin paneelin käyttöön tarkoitettuja toiminto- ja datalohkoja.

Paneelilta ohjattavia laitteita varten luotiin logiikalle tietolohko DB102, johon ohjauskäskyt paneelilta tuotiin. Ohjauskäskyt ovat BOOL-tyyppisiä eli yksibittisiä. Ohjauspainikkeet määritettiin WinCC Flexiblessä siten, että painikkeen painaminen asettaa ohjausbitin päälle ja painikkeen vapauttaminen nolaa ohjausbitin. Tätä samaa bittiä käytettiin myös ohjauspainikkeen värin määrittämiseen operointipaneelilla.

Hälytysten sekä erilaisten tilatietojen keräämistä ja muodostamista varten tehtiin logiikalle oma ohjelmalohko FC40. Pääasiassa hälytykset muodostettiin kunkin aseman omissa ohjelmalohkoissa, mutta jotta hälytysten tuominen paneelille olisi järkevää, oli hälytystiedot saatava yhteen paikkaan. Hälytystiedot jaettiin kahteen tietolohkoon hälytyksen tyyppin mukaan: DB103 (varoitukset ja tapahtumat) ja DB104 (hälytykset). Kullekin hälytykselle varattiin yksi bitti tietolohkosta. Hälytys on aktiivinen, kun bitin tila on 1, ja poissa, kun bitti on 0. Kuvassa 15 on esimerkki hälytystiedon muodostamisesta FC40-ohjelmassa. Esimerkin ohjelma määrittää DB103.DBX17.0-bitin arvoksi vastaavan arvon kuin DB570.DBX112.0-bitin arvo on. Lisäehtona on, että turvapiirin on oltava kunnossa, jotta bitin määrittäminen tapahtuu.

Network 228 : Sisälappupino 1 matala

Comment:

"INW_HD_S
ELECT_1".S
tack_Heigh
t_Alarm[1]
"

Päätylappu
pinon
korkeuden
hälytys
DB570.
DBX112.0

"Safety_Ar
ea_Ok"
Safety
area ok
M110.3

"EVENT_DA
TA".INW_HD
_ALARMO"

Sisälappup
ino 1
matala
DB103.
DBX17.0

=

KUVA 15. Esimerkki pakkaamon logiikkaohjelmasta.

WinCC Flexiblessä hälytysten määrittelyyn ei voi käyttää yksittäistä BOOL-tyyppistä tietoa, vaan tagin, jolla hälytysbitteihin viitataan, täytyy olla muotoa WORD (kaksi tavua eli 16 bittiä) tai DWORD (neljä tavua eli 32 bittiä). WinCC Flexiblessä määritettiin tagi, joka on tyyppiä WORD. Tagin asetusten Array Elements -kenttään määritettiin 32, jolloin tagi kattaa 64 tavua eli 512 bittiä. Nyt, kun tagi asetetaan osoittamaan hälytystietoja sisältävään datalohkoon, saadaan yhdellä tagilla määritettyä kaikki datalohkoon tuodut hälytysbitit.

WinCC Flexible antaa mahdollisuuden määrittää, kuinka hälytykset paneelilta kuitataan. Mahdollisuuksia on kaksi, joko hälytys kuitataan paneelilta tai hälytysten kuittaus tulee logiikalta. Koska pakkaamoon tuli kolme paneelia, joilla kaikilla on nähtävissä samat hälytykset, täytyi hälytysten kuittaus suorittaa logiikalta päin. Muutoin hälytyksen kuittaus olisi poistanut kuitatun hälytyksen vain paneelilta, jolta kuittaus suoritettiin. Hälytysten kuittaus tapahtuu yksittäisillä biteillä, ja jokaiselle hälytykselle täytyy määrittää oma kuittausbitti. Pakkaamon tapauksessa kuitattaviksi hälytyksiksi määritettiin ainoastaan DB104-lohkoon tuodut hälytykset. Kuittausbittejä varten DB104-tietolohkoa laajennettiin siten, että hälytyksille varattujen bittien perään varattiin tila kuit-

tausbittejä varten. FC40 ohjelmalohkoon tehtiin ohjelma, joka käyttää kaikkia hälytysten kuittausbittejä ykkösenä, kun tiettyä ohjausbittä käytetään aktiivisena. Ohjausbitin ohjaukseen tehtiin jokaiseen paneeliin painike ”Hälytysten kuittaus”. Kun nyt kaikkiin kolmeen paneeliin asetettiin kuittausbiteiksi nämä DB104-lohkoon määritetyt kuittausbitit, oli mahdollista kuitata kaikki hälytykset kaikilta kolmelta paneelilta kerralla.

Koska moniehtoisten tilatietojen esittäminen paneelilla graafisesti on vaikeaa, täytyi myös tämän tyyppiset tiedot muodostaa logiikalla. I/O-näkymissä esiintyvä moottorisymboli on yksi esimerkki moniehtoisestä tilatiedosta. Symbolin väri määräytyy moottorin tilan mukaan seuraavasti: harmaa - moottori ei käy, vihreä - moottori käy, punainen - moottori (taajuusmuuttaja) häiriössä. Kunkin tilan toteutuminen riippuu useammasta kuin yhdestä tiedosta. Paneelilla graafisen elementin animointiasetuksissa voidaan käyttää ainoastaan yhtä tagia määrittämään grafiikan muutoksia, joten usean tiedon käyttäminen tietyn ulkoasuvalinnan ehtona on mahdotonta. Niinpä logiikalle tehtiin ohjelma, jossa vertaillaan eri tiloihin vaikuttavia ehtoja. Kullekin kolmesta tilasta valittiin yksi luku: 1 = moottori ei käy, 2 = moottori käy ja 3 = moottori häiriössä. Tiettyjen ehtojen täytyessä jokin tilaa kuvaavista luvuista kirjoitettiin muistiin. Näitä statuslukuja varten tehtiin oma datalohko DB105 MOTOR_STATUS, jonne kullekin moottorille varattiin INT-tyyppinen muistipaikka. Tämän jälkeen status tiedon tuonti paneelille oli helppoa asettamalla tagi osoittamaan moottorin statusmuistipaikkaan ja tekemällä grafiikkalista, josta valitaan kutakin statuslukua vastaava symboli. Vastaavanlainen ohjelma tehtiin myös turva-alueen tilan määrittämiseen sekä valoverhojen tilan ilmaisuun.

10 KÄYTTÖÖNOTTO

Pakkaamon käyttöönotto aloitettiin toukokuussa 2011. Vanha puoliautomaattinen pakkaamo purettiin pois ja tilalle pystytettiin uudet laitteet. Vanhasta pakkaamosta jätettiin ainoastaan päätypuristin paikoilleen uuteen pakkaamoon.

Sitä mukaa kun mekaaniset ja sähköiset asennukset valmistuivat ja I/O-tarkistuksia saatiin tehtyä, aloitettiin yksittäisten laitteiden ohjauksien testaus. Jokaisen aseman toiminta käytiin yksitellen läpi, jotta löydettiin sopivat ohjausparametrit. Paneeli liitettiin logiikkaan hyvin varhaisessa vaiheessa, joten ohjauksia pääsi kokeilemaan myös paneelin kautta. Myös I/O-näkymien tietojen tarkistus aloitettiin.

Sanomaliikenteen toimivuus oli yksi ensimmäisistä testattavista asioista. Vaikka sanomaliikennettä oli käyty testaamassa jo ennen käyttöönottoa, käytiin sen toimivuus läpi vielä uudelleen. Sanomien näkyminen operointipaneelilla tarkistettiin myös. Testauksen myötä sanomaliikennenyhteyden ulkoasuun tehtiin joitakin muutoksia sekä alun perin puuttuneet yhteyden katkaisu- ja avauspainikkeet laitettiin paneelille.

Mekaanisten ja sähköisten asennusten valmistuttua pakkauslinjan eri asemia päästiin kokeilemaan myös kartonkirullan kanssa. Eniten aikaa kului käärintäaseman toimintojen käyttöönottoon. Pikkuhiljaa yksittäisiä toimintoja saatiin toimimaan ja esiintyneitä ongelmia ratkaistua. Lopulta rulla saatiin käärittyä ja myös muut linjan asemat saatiin toimimaan siten, että rulla voitiin ajaa koko linjan läpi. Tässä vaiheessa linjastolla oli vielä edelleen useita kohtia, joissa lisätöitä ja ohjauksien hiomista tarvittiin.

Paneelia kehitettiin ja päivitettiin jatkuvasti käyttöönoton kuluessa. Tarvittavia painikkeita ja indikaattoreita lisättiin ja joitakin toimintoja - jotka alun perin oli paneelille suunniteltu - poistettiin. Suurin osa hälytyksistä ohjelmoitiin myös

paneelille käyttöönoton aikana. Ulkoasuun ja rakenteeseen ei suuria muutoksia tehty enää käyttöönottovaiheessa.

Kun pakkaamo oli saatu toimintakuntoon, alkoi linjan tuotannollinen koekäyttö. Koekäytön myötä eteen tuli kehitystä ja korjauksia vaativia asioita. Parannuksia tehtiin sekä linjan ohjaukseen, että operointipaneelin sisältöön. Koekäytön aikana havaittiin myös uusia tilanteita, joista paneelille täytyi saada hälytyksiä. Koko käyttöönoton ja koekäytön ajan paikalla oli myös tehtaan henkilöstöä, joiden kanssa käytiin läpi paneelin toimintaa. Operaattoreiden toivomuksien ja huomioiden pohjalta tehtiin paneelille joitakin muutoksia. Suurimmat muutokset koskivat Layout-näkymää, johon lisättiin erilaisia pakkaamon tilasta kertovia indikaattoreita. Myös tietyt hälytykset korostettiin erilaisin näytölle ilmestyvin ”ikkunoin”, koska havaittiin, että näiden hälytysten huomioimatta jättäminen aiheutti toistuvasti katkoksia pakkaamon normaaliin toimintaan.

Pääohjauspaneelin lisäksi pakkaamoa varten asennettujen hälytyspaneelien käyttöönotto tapahtui myös pakkaamon käyttöönoton aikana. Hälytyspaneelien ohjelmiston suunnittelu ja toteutus tapahtui täysin pakkaamon käyttöönottovaiheessa. Koska hälytysnäytöille ei tullut muita toimintoja kuin hälytysten seuraaminen, oli niiden toteutus nopeaa.

Tehtaan henkilöstön käyttöönoton aikaisen koulutuksen lisäksi operointipaneelin sivuista ja toiminnoista laadittiin erillinen käyttöohje. Käyttöohjeessa käydään läpi paneelin kaikki näytöt sekä selitetään eri sivuilla olevien painikkeiden toiminnot. Käyttöohje tallennettiin myös paneeliin liitetulle muistitikulle, joten käyttöohje on aina saatavilla. Hälytysnäyttöjä varten tehtiin myös oma käyttöohje.

Operointipaneelin ja pakkaamon ohjauksen käyttöönottoon, testaukseen ja koekäyttöön kului aikaa noin kaksi kuukautta. Ohjausjärjestelmään avattiin myös etäyhteys, jonka avulla oli mahdollista tehdä muutoksia ohjelmaan sekä seurata sen toimintaa. Koska operointipaneeli on samassa verkossa logiikan kanssa, myös operointipaneelia oli mahdollisuus tarvittaessa päivittää etäyh-

teyden kautta. Etäyhteyskoneelle oli myös mahdollista avata paneeliohjelma runtime-tilassa, jolloin näytölle sai näkymään vastaavan näkymän kuin ope-
rointipaneelilla.

11 POHDINTA

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa käyttöliittymä kolmeen kosketusnäyttöpaneeliin, joiden avulla valvotaan ja ohjataan kartonkirullien pakkauskonetta. Lisäksi tuli laatia käyttöohjeet paneelien käyttöön. Myös paneelien käyttöönotto Savon Sellu Oy:n kartonkitehtaalla Kuopiossa oli osa tätä insinööriötä.

Tässä raportissa on kerrottu teoriasta työn taustalla sekä kuvattu suunnittelun ja toteutuksen eri vaiheita. Esimerkkien ja kuvien avulla on pyritty havainnollistamaan toteutuneita ratkaisuja sekä niiden taustoja.

Erilaisia käyttöliittymäratkaisuja etenkin ulkoasun ja toimintalogiikan osalta olisi varmasti ollut loputon määrä. Erilaisia ratkaisumalleja tulikin työtä tehdessä kokeiltua useita. Lopulta täytyi kuitenkin vain valita jokin malleista ja pyrkiä tekemään koko käyttöliittymästä mahdollisimman yhdenmukainen. Joiltakin osin yhdenmukaisuusajattelusta täytyi kuitenkin poiketa koekäyttövaiheessa tehtyjen havaintojen perusteella. Uskoakseni paras mahdollinen lopputulos saavutettaisiin, jos riittävän pitkän koekäyttöjakson jälkeen selvitetäisiin käytössä havaitut puutteet ja toteutettaisiin mahdollisesti esiin nousseet parannusehdotukset.

Yleisesti ottaen kosketusnäyttötekniikka aiheutti paljon mietittävää. Koska perinteisistä painikkeista ja kytkimistä tuttua tunnetta napin painamisesta tai kytkimen kääntämisestä ei voida kosketusnäytöllä luoda, oli painikkeen painamisen rekisteröinti ilmoitettava muilla keinoin. Käytännössä ainoa keino kertoa operaattorille painikkeen painamisen onnistumisesta ovat erilaiset visuaaliset keinot, kuten painikkeen värin muuttaminen onnistuneen painalluksen myötä sekä erilaisten 3D-tehosteiden käyttö. Yksi vaihtoehto olisi ollut myös merkkiäänien käyttö, mutta ohjauspaikalla vallitseva melutaso (>85 dB) ei tätä mahdollistanut.

Työ oli kokonaisuutena erittäin mielenkiintoinen ja sopivan haastava. Aikaisempaa työkokemusta alan töistä ei allekirjoittaneella työn alkaessa ollut, joten työtä tehdessä tuli eteen paljon uusia asioita. Työn aikana opittuja asioita olivat muun muassa projektityöskentely, Siemensin operointipaneelien ohjelmointityökalun WinCC Flexblen käyttö ja piirikaavioiden tulkitseminen. Myös jo koulusta tutut Siemensin logiikat ja niiden ohjelmointityökalu STEP 7 tulivat työn aikana tutuiksi. Erityisen opettavainen ja palkitseva oli viiden viikon käyttöönottojakso Savon Sellulla Kuopiossa. Käyttöönoton aikana pääsi näkemään pala palalta kuinka uusi automaatiolaitteisto otetaan käyttöön. Myös oman tuotoksen pääsi näkemään käytössä oikeassa käyttöympäristössä.

LÄHTEET

1. PLC Yhtiöt. 2010. Saatavissa: <http://plc.fi/materiaalipankki/5-plcyleisesitenet.html>. Hakupäivä 13.7.2011.
2. Powerflute janoaa vaihtoa. 2008. Saatavissa: <http://www.talouselama.fi/sijoittaminen/powerflute+janoaa+vaihtoa/a159273>. Hakupäivä 2.8.2011.
3. Mill facts. 2008. Powerflute. Saatavissa: <http://www.powerflute.fi/pages/home/business-unit-information/savon-sellu/mill-facts.php>. Hakupäivä 24.4.2012.
4. Savon Sellu. 2008. Powerflute. Saatavissa: <http://www.powerflute.fi/pages/home/business-unit-information/savon-sellu.php>. Hakupäivä 2.8.2011.
5. Saimatec company profile. 2011. Saatavissa: <http://www.saimatec.fi/index.php?pid=4&lg=en>. Hakupäivä 2.8.2011.
6. Robowrap Shuttle. 2012. Saimatec. Saatavissa: <http://www.saimatec.fi/index.php?pid=38&lg=en>. Hakupäivä 16.2.2012.
7. Saimatec yleisesite. 2009. Saatavissa: http://www.saimatec.fi/UserFiles/File/Saimatec_yleisesite_2009.pdf. Hakupäivä 16.2.2012.
8. PLC History. 2012. Saatavissa: <http://www.plcs.net/chapters/history2.htm>. Hakupäivä 16.2.2012.
9. PLC History. 2012. PLC Manual. Saatavissa: <http://www.plcmanual.com/plc-history>. Hakupäivä 16.2.2012.

10. Keinänen, Toimi - Kärkkäinen, Pentti - Metso, Tommi - Putkonen, Kari
2002. Koneautomaatio 2, Logiikat ja ohjausjärjestelmät. Vantaa: WSOY.
11. Wikipedia. 2012. Vapaa tietosanakirja. Saatavissa:
http://en.wikipedia.org/wiki/Programmable_logic_controller. Hakupäivä
16.2.2012.
12. A Very Brief History of the PLC. 2012. Saatavissa:
<http://www.plctutor.com/PLC-history.html>. Hakupäivä 16.2.2012.
13. Helms, Jeremy 2012. Programmable Logic Controller. Saatavissa:
<http://ezinearticles.com/?Programmable-Logic-Controllers&id=5610563>. Ha-
kupäivä 16.2.2012.
14. Keinänen, Toimi - Kärkkäinen, Pentti - Lähetkangas, Markku - Sumujärvi,
Matti. 2007. Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat. Helsinki:
WSOYpro oy.
15. What is PLC Programming. 2012. Saatavissa: [http://www.tech-
faq.com/plc-programming.html](http://www.tech-faq.com/plc-programming.html). Hakupäivä: 17.2.2012.
16. Introduction into IEC 61131-3 Programming Languages. 2012. Saatavis-
sa: http://www.plcopen.org/pages/tc1_standards/iec_61131_3/. Hakupäivä:
24.4.2012.
17. Immonen, Jarkko. 2002. Graphical User Interfaces. Saatavissa:
http://cs.joensuu.fi/~jimmonen/gkl_moniste/gkl_v202.html. Hakupäivä
22.2.2012.
18. Command line vs. GUI. 2012. Saatavissa:
<http://www.computerhope.com/issues/ch000619.htm>. Hakupäivä: 22.2.2012.
19. Akass, Clive 2001. The men who really invented the GUI. Saatavissa:
<http://www.computeractive.co.uk/pcw/pc-help/1925325/the-invented-gui>. Ha-
kupäivä: 17.2.2012.

20. Wikipedia. 2012. Vapaa tietosanakirja. Saatavissa:
http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_the_graphical_user_interface. Hakupäivä: 17.2.2012.
21. History of Touch Screen Technology. 2011. Saatavissa:
<http://computersight.com/computers/history-of-touch-screen-technology/>. Hakupäivä: 17.2.2012.
22. Bellis, Mary 2012. Who Invented Touch Screen Technology. Saatavissa:
<http://inventors.about.com/od/tstartinventions/a/Touch-Screen.htm>. Hakupäivä: 17.2.2012.
23. Wikipedia. 2012. Vapaa tietosanakirja. Saatavissa:
http://en.wikipedia.org/wiki/Touch_screen. Hakupäivä 17.2.2012.
24. HMI Guide. 2012. Saatavissa:
<http://www.anaheimautomation.com/manuals/forms/hmi-guide.php>. Hakupäivä: 22.4.2012.
25. Lehmus, Timo. Kosketusnäytöt. Saatavissa:
http://users.tkk.fi/~tlehmus/Studio4/muu/Studio4_Essee.pdf. Hakupäivä: 22.4.2012.
26. Mercer, Ron. EZTouch panel eliminates mechanical failures on horizontal boring machine. Saatavissa:
<http://support.automationdirect.com/examples/oiapplications.html>. Hakupäivä: 22.4.2012.
27. Myller, Anne 2009. Käyttöliittymäelementtien valinta kosketusnäytölle. Saatavissa: http://www.soberit.hut.fi/T-121/shared/thesis/kandityot/kandi_Anne_Myller.pdf. Hakupäivä: 22.4.2012.
28. Wikipedia. 2012. Vapaa tietosanakirja. Saatavissa:
<http://simple.wikipedia.org/wiki/SIMATIC>. Hakupäivä 17.2.2012.

29. SIMATIC S7-200 CPUs. 2012. Saatavissa:

<http://www.automation.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/simatic-s7-controller/s7-200/cpu/Pages/Default.aspx>. Hakupäivä 17.2.2012.

30. Ohjelmoitavat logiikat (SIMATIC). 2012. Saatavissa:

http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat_logiikat_simatic.php. Hakupäivä 17.2.2012.

31. SIMATIC Safety Integrated for Factory Automation. 2011. Saatavissa:

http://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/en/brochure_safety_integrated_for_factory_automation_en.pdf. Hakupäivä: 17.2.2012.

32. SIMATIC Controller Software, Tools for configuring and programming SIMATIC Controllers. 2010. Saatavissa:

http://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/en/brochure_simatic-industrial-software_en.pdf. Hakupäivä: 17.2.2012.

33. STEP 7 V5.5 Help-tiedosto

34. SIMATIC HMI -kosketusnäytöt. 2012. Saatavissa:

http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/kayttoliittymat/operointipaneelit/kosketusnaytot.htm. Hakupäivä: 17.2.2012.

35. SIMATIC MP 377 19 inch Touch. 2012. Saatavissa:

<http://www.automation.siemens.com/mcms/human-machine-interface/en/operator-interfaces/multi-panels/series-370/simatic-mp377-19inch-touch/Pages/Default.aspx#Technical%20data>. Hakupäivä 17.2.2012.

36. SIMATIC HMI KTP1000 Basic color. 2012. Saatavissa:
<http://www.automation.siemens.com/mcms/human-machine-interface/en/operator-interfaces/basic-panel/simatic-hmi-ktp1000-basic-color/Pages/Default.aspx#Technical%20data>. Hakupäivä 17.2.2012.
37. SIMATIC HMI, MP 377, MP 377 PRO, Operating Instructions. 2008.
38. SIMATIC HMI, HMI devices Basic Panels, Operating Instructions. 2010.
39. SIMATIC WinCC flexible. 2010. Saatavissa:
http://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/en/brochure_simatic-wincc-flexible_en.pdf. Hakupäivä 17.2.2012.